

Aus dem Departement für Nutztiere der Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich

(Direktor Prof. Dr. Dr. h. c. U. Braun)

---

**Längenunterschied zwischen lateralem und medialem Zehenskelett bei  
Kühen mit Rusterholzschen Sohlengeschwüren im Vergleich  
zu Kühen mit gesunden Klauen**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde  
der Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich

vorgelegt von

**Franziska Rüeegsegger**

Tierärztin  
von Röthenbach BE

genehmigt auf Antrag von

Prof. Dr. K. Nuss, Referent  
Prof. Dr. H. Augsburger, Korreferent

Zürich, 2011

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>4</b>
<b>2. SUMMARY .....</b>	<b>5</b>
<b>3. EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG .....</b>	<b>6</b>
<b>4. LITERATURÜBERSICHT .....</b>	<b>7</b>
4.1. ANATOMISCHE GRUNDLAGEN UND KNOCHENMESSUNGEN .....	7
4.1.1. Röhrbein ( <i>Hauptmittelfussknochen, Ossa metacarpalia/metatarsalia</i> ).....	7
4.1.2. Fesselbein ( <i>Os compedale, Phalanx proximalis</i> ) .....	8
4.1.3. Kronbein ( <i>Os coronale, Phalanx media</i> ) .....	9
4.1.4. Klauenbein ( <i>Os ungulare, Phalanx distalis</i> ) .....	10
4.1.5. Klauenmasse und unterschiedliche Zehenlänge .....	11
4.1.6. Anatomische Befunde und Hypothesen zur deren Funktion .....	12
4.2. DAS RUSTERHOLZSCHE SOHLENGESCHWÜR .....	14
4.2.1. Vorkommen und Bedeutung.....	14
4.2.2. Ätiologie und Pathogenese.....	15
4.2.3. Zur Biomechanik der Behandlungsmassnahmen bei Rusterholzschen Sohlengeschwüren .....	17
<b>5. MATERIAL UND METHODEN .....</b>	<b>19</b>
5.1. TIERE UND PRÄPARATE .....	19
5.1.1. Vorbereitung der Präparate .....	20
5.1.2. Beurteilung der Klauenveränderungen .....	20
5.2. RÖNTGENAUFNAHMEN .....	22
5.2.1. Messungen an den Röntgenaufnahmen .....	22
5.2.1.1. Epiphysenbreite.....	23
5.2.1.2. Länge der Röhrbeinkondylen .....	23
5.2.1.3. Fesselbeinlänge .....	23
5.2.1.4. Kronbeinlänge .....	23
5.2.1.5. Klauenbeinlänge .....	25
5.2.1.6. Gesamtlänge 1.....	25
5.2.1.7. Gesamtlänge 2.....	25
5.2.1.8. Gesamtlänge 3.....	25
5.3. STATISTISCHE METHODEN .....	25

<b>6. ERGEBNISSE</b>	<b>27</b>
6.1. KLAUENVERÄNDERUNGEN	27
6.1.1. <i>Vorkommen und Rasseunterschiede</i>	27
6.1.2. <i>Klauenveränderungen im Einzelnen</i>	28
6.2. MESSUNGEN AN DEN RÖNTGENAUFNAHMEN	35
6.2.1. <i>Länge der Röhrbeinkondylen</i>	36
6.2.2. <i>Fesselbeinlänge</i>	37
6.2.3. <i>Kronbeinlänge</i>	38
6.2.4. <i>Klauenbeinlänge</i>	39
6.2.5. <i>Gesamtlänge 1</i>	40
6.2.6. <i>Gesamtlänge 2</i>	41
6.2.7. <i>Gesamtlänge 3</i>	43
<b>7. DISKUSSION</b>	<b>45</b>
7.1. PRÄVALENZ VON KLAUENERKRANKUNGEN BEI SCHLACHTKÜHEN	45
7.2. MESSUNGEN AN DEN RÖNTGENAUFNAHMEN	51
<b>8. LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>55</b>
<b>9. LEBENSLAUF</b>	
<b>10. DANKSAGUNGEN</b>	

# 1. Zusammenfassung

## **Längenunterschied zwischen lateralem und medialem Zehenskelett bei Kühen mit Rusterholzchen Sohlengeschwüren im Vergleich zu Kühen mit gesunden Klauen.**

Die Ausgangshypothese der vorliegenden Untersuchung lautete, dass Kühe mit Rusterholzchen Sohlengeschwüren einen erheblich grösseren Längenunterschied zwischen der lateralen und der medialen Zehe aufweisen als Kühe ohne Sohlengeschwüre.

Zunächst wurden beide Hinterfüsse von 174 Schlachtkühen gesammelt und die Einzeltier-Prävalenz von Klauenläsionen bestimmt. Am häufigsten wurden Ballenhornfäule (63.2 %), chronische Klauenrehe (40.8 %) und unkomplizierte Rusterholzche Sohlengeschwüre (28.2 %) festgestellt.

Danach wurden zur Überprüfung der oben genannten Hypothese 100 Hinterfüsse von Schlachtkühen, 25 davon klinisch gesund und 75 mit Sohlengeschwüren – bis auf einmal alle an einer Aussenklaue lokalisiert – im plantarodorsalen Strahlengang geröntgt.

Mit Hilfe der Programme Metron PX<sup>TM</sup> bzw. SPSS 17.0<sup>®</sup> wurden die Zehenlängen digital vermessen bzw. statistisch miteinander verglichen.

Die Aussenzehen waren im Mittelwert signifikant länger als die Innenzehen. Bei Hinterfüssen mit Sohlengeschwüren war der Längenunterschied jedoch nicht signifikant grösser als bei gesunden Hinterfüssen. Zwei Füsse mit Sohlengeschwüren an einer Klaue wiesen gleich lange Zehen und 17 sogar eine längere (Gesamtlänge 2) mediale Zehe auf.

Folglich kann davon ausgegangen werden, dass nicht allein der Längenunterschied ausschlaggebend für die Entwicklung von Rusterholzchen Sohlengeschwüren ist, sondern weitere wichtige Faktoren hinzukommen müssen.

## 2. Summary

### **Comparison of the length of the lateral and medial digital bones of the hind limbs in healthy cattle and cattle with sole ulcers.**

The hypothesis of this study was that there is a greater difference in the length between the lateral and medial hind digits in cows with sole ulcers than in cows without sole ulcers.

In a pilot study, both hind feet from 174 slaughtered cows were collected and examined to determine the prevalence of common claw lesions on an animal level; heel horn erosion was seen in 63.2 %, chronic laminitis in 40.8% and simple sole ulcers in 28.2 % of the cows.

To test the hypothesis, plantarodorsal radiographs of 100 hind feet of slaughter cows, 25 of these sound and 75 which had a sole ulcer, were evaluated. Of 75 sole ulcers, 74 were located in a lateral and 1 was located in a medial claw.

The software programs Metron PX<sup>TM</sup> and SPSS 17.0<sup>®</sup> were used to measure the lengths of the digits digitally and compare the measurements obtained from the lateral and medial digits.

On average, the lateral digits were significantly longer than the medial digits, but there was no difference between the two groups of cows. In 2/75 feet with sole ulcers, the two digits were the same length, and in 17/75, the medial digit was longer (overall length 2).

Based on the findings of this study, we rejected the hypothesis and concluded that in addition to a difference in length of the lateral and medial hind digits, other factors contribute to the pathogenesis of sole ulcers.

### 3. Einleitung und Zielsetzung

Rusterholzische Sohlengeschwüre stellen eine bedeutende, wenn nicht die bedeutendste, Lahmheits- und Abgangsursache von Milchkühen dar (Murray et al., 1996; Manske et al., 2002; Flower et al., 2005; Sogstad et al., 2005; Capion et al., 2008; Chapinal et al., 2009; Tadic et al., 2010). Sie treten überwiegend an den Aussenklauen der Hintergliedmassen auf (Rusterholz, 1920; Toussaint Raven, 1989). Bis jetzt konnten viele Faktoren, jedoch keine eindeutige Ursache für das überwiegende Auftreten an dieser Lokalisation gefunden werden. Sowohl bei Kälbern (Schwarzmann et al., 2007), Rindern, Jung- und Altkühen (Muggli et al., 2011) als auch bei Wildwiederkäuern (Keller et al., 2009) konnte ein Unterschied in der Zehenlänge zwischen der lateralen und medialen Zehe festgestellt werden: Die Aussenzehen waren bei der Mehrzahl der Tiere länger als die Innenzehen. Bei der heute üblichen Haltung auf harten Böden resultiert aus dieser Asymmetrie möglicherweise eine vermehrte Belastung der Aussenklauen, was deren Anfälligkeit für traumatisch bedingte Klauenerkrankungen erklären könnte.

In der vorliegenden Arbeit sollte deswegen die Hypothese, dass bei Rindern mit Rusterholzischen Sohlengeschwüren ein besonders ausgeprägter Längenunterschied zwischen der lateralen und der medialen Zehe vorhanden ist, geprüft werden. Hierzu sollten die Füße von Schlachthofkühen gesammelt und gesunde Zehen sowie Zehen, deren Klauen an einem unkomplizierten Rusterholzischen Sohlengeschwür erkrankt waren, röntgenologisch vermessen werden.

## 4. Literaturübersicht

### 4.1. Anatomische Grundlagen und Knochenmessungen

#### 4.1.1. Röhrbein (Hauptmittelfussknochen, *Ossa metacarpalia/metatarsalia*)

Die Hauptmittelfussknochen des 3. und 4. Strahles des Rindes sind am Vorder- und Hinterbein zu einem einheitlichen Röhrbein verschmolzen. Distal sind die Gelenkwalzen noch durch die Incisura intertrochlearis getrennt und je zehentragend (Nickel et al., 2004). Der Querschnitt der Röhrbeindiaphyse ist an den Schultergliedmassen queroval, an den Beckengliedmassen beinahe quadratisch (Nickel et al., 2004). Auf der Facies dorsalis der Röhrbeine, welche eine gewölbte Kontur aufweist, verläuft der Sulcus longitudinalis dorsalis, auf der Facies palmaris/plantarum mit ihrer ebenen Kontur der Sulcus longitudinalis palmaris/plantarum. Die beiden Sulci sind distal und teilweise auch proximal durch den Canalis metacarpi/metatarsi distalis bzw. proximalis verbunden. Die beiden Gelenkwalzen der Hauptmittelfussknochen werden durch den Sagittalkamm in einen schmaleren, weiter nach distal reichenden axialen und einen breiteren abaxialen Anteil getrennt. Sie bilden mit der Basis der Fesselbeine und den Sesambeinpaaren die Fesselgelenke, welche als Scharniergelenke ausgestaltet sind (Nickel et al., 2004). Der Anteil des 3. Strahles an den Röhrbeinen der Vorder- und Hintergliedmassen, also der mediale Teil, ist stärker ausgebildet als der laterale (Bartosiewicz et al., 1997). Dies ist an den Vordergliedmassen schon beim 3 cm langen Embryo der Fall. In diesem Stadium sind der 3. und der 4. Strahl an den Vorder- und Hintergliedmassen noch vollständig getrennt (Petersen, 1921).

Schon im Jahr 1921 stellte Petersen eine geringfügig grössere Länge des Os metacarpale IV im Vergleich zum Os metacarpale III fest. Auch bei den Ossa metatarsalia bestand ein Längenunterschied, jedoch war das Os metatarsale IV nur unbedeutend länger als das Os metatarsale III (Petersen, 1921).

Messungen an transversal in zwei gleich grosse Hälften geschnittenen Röhrbeinen von 42 Kälbern ergaben, dass die Ossa metacarpalia im Mittelwert etwa 2 cm kürzer als die Ossa metatarsalia waren (Nacambo et al., 2007). Die laterale Knochenseite der Röhrbeine war im Mittelwert signifikant länger als die mediale, wobei der Längenunterschied bei fast allen Ossa metatarsalia, jedoch nur bei der Hälfte der Ossa metacarpalia festzustellen war. Die lateralen Kondylen der Röhrbeine von Schulter- und Beckengliedmassen waren signifikant länger als die medialen. Die Längendifferenz verstärkte sich bei Kälbern mit zunehmendem Alter.

Bei 10 adulten Kühen, deren Röhrbeine ebenfalls untersucht wurden, war der Längenunterschied zwischen lateralem und medialem Kondylus im Vergleich zu den Kälbern ausgeprägter (Nacambo et al., 2007).

Die Ossa metatarsalia von Schlachtrindern und die von 500 und 1000 Jahre alten Rindern aus archäologischen Fundstätten (Paral et al., 2004) wiesen eine längere laterale Seite auf, nicht jedoch die Ossa metacarpalia. Die Röhrbeine der Beckengliedmassen waren stets länger als diejenigen der Schultergliedmassen. Die Röhrbeine der Schlachtrinder waren absolut länger als die 500 bzw. 1000 Jahre alten, allerdings blieb das Längenverhältnis von Ossa metacarpalia zu Ossa metatarsalia über die Zeit gleich (Paral et al., 2004).

Schwarzmann et al. (2007) fertigten von den Vorder- und Hintergliedmassen von 40 Kälbern Röntgenaufnahmen in dorsopalmarer und dorsoplantarer Aufnahmerichtung an. Anhand der Röntgenbilder bestimmten sie mit Hilfe der Computersoftware Metron PX<sup>TM</sup> (Firma Epona Tech, Creston, USA) die Längen der Epiphysen der Ossa metacarpalia und Ossa metatarsalia. Die lateralen Epiphysen waren im Mittelwert an allen vier Gliedmassen länger als die medialen.

Die Zehen von Wildwiederkäuern – jeweils 11 Gämsen, Bisons, Damhirschen und Elchen – wurden von Keller et al. (2009) in palmaro- bzw. plantarodorsaler Aufnahmerichtung geröntgt. Diese Röntgenbilder wurden gleichfalls mit Hilfe der Computersoftware Metron PX<sup>TM</sup> vermessen. Bei allen Tierarten waren die lateralen Röhrbeinkondylen in der Mehrzahl länger als die medialen.

Muggli et al. (2011) erstellten Röntgenbilder der Zehen von je zehn Kälbern, Rindern, Jungkühen und Altkühen im palmaro- bzw. plantarodorsalen Strahlengang, an welchen sie mit Hilfe der Computersoftware Metron PX<sup>TM</sup> die Knochenlängen und -breiten der Röhrbeinkondylen bestimmten. Die lateralen Röhrbeinkondylen waren bei allen Altersgruppen im Mittelwert länger als die medialen, wobei der Längenunterschied an den Beckengliedmassen in den verschiedenen Altersgruppen häufiger signifikant war als an den Schultergliedmassen.

#### **4.1.2. Fesselbein (Os compedale, Phalanx proximalis)**

Das Fesselbein hat beim Rind eine zylindrische Form mit einer Palmar- bzw. Plantarfläche und zwei Seitenflächen. Die Seitenflächen sind durch einen abgerundeten Dorsalrand miteinander verbunden. Die Fovea articularis, die proximale Gelenkfläche, wird durch die Sagittalarinne in zwei Flächen geteilt. Die axiale ist schmaler und liegt weiter distal als die abaxiale. Palmar bzw. plantar an diesen beiden Flächen befinden sich die Gelenkflächen für die



Sesambeine. Die distale Gelenkwalze ist wie ein schräg stehender Sattel geformt. Auch hier reicht die axiale, kleinere Fläche weiter nach distal (Nickel et al., 2004).

Ranft (1936) vermäss mit einem sogenannten anthropologischen Zirkel die mazerierten Fessel-, Kron- und Klauenbeine von fünf Kälbern, zwölf Kühen, sechs Ochsen und fünf Bullen. Die Fesselbeine der Hintergliedmassen waren jeweils schmaler und länger als die der Vordergliedmassen. Bei 70 bis 75 % der Präparate war die axiale Höhe der lateralen Fesselbeine grösser als die axiale Höhe der medialen. Da die axialen und die abaxialen Höhen bei adulten Rindern fast gleich waren, ergab sich daraus, dass bei diesen die lateralen Fesselbeine etwas länger waren als die medialen.

Bei Kälbern mit einem Lebensalter von weniger als sieben Wochen wurde kein Längenunterschied zwischen den Fesselbeinen der Schulter- und der Beckengliedmassen (Schwarzmann et al., 2007) gefunden. Demgegenüber waren bei Kälbern über sieben Wochen die Fesselbeine der Hinterfüsse länger als die der Vorderfüsse. In beiden Altersgruppen waren die Fesselbeine der lateralen Zehen signifikant länger als die der medialen, sowohl an den Vorder- als auch an den Hintergliedmassen. Bei 79.6 % der vermessenen Zehen wurde ein Höhenunterschied im Fesselgelenk gefunden, wobei zu 75 % der Messpunkt der lateralen Zehe und nur zu 4.6 % der Messpunkt der medialen Zehe weiter distal gelegen war. Der Höhenunterschied im Fesselgelenk war an den Hintergliedmassen signifikant grösser als an den Vordergliedmassen.

Nach den Messungen von Keller et al. (2009) waren die lateralen Fesselbeine der Beckengliedmassen bei Wildwiederkäuern zu 100 % länger als die medialen. Die lateralen Fesselbeine der Vordergliedmassen waren bei den Gämsen in 72.7 %, bei den Bisons und Damhirschen in 100 % und bei den Elchen in 95.5 % der Fälle länger als die medialen. Die Fesselbeine der Beckengliedmassen waren bei allen Tierarten signifikant länger als diejenigen der Schultergliedmassen.

Nach den Messungen von Muggli et al. (2011) waren die lateralen Fesselbeine der Kälber, Rinder, Jung- und Altkühe an allen vier Gliedmassen signifikant länger als die entsprechenden medialen.

#### **4.1.3. Kronbein (Os coronale, Phalanx media)**

Das Kronbein ist kürzer als das Fesselbein. Es besitzt beim Rind proximal eine Fovea articularis, welche durch den Sagittalkamm zweigeteilt wird. Ihr dorsaler Rand bildet den Processus extensorius, der die Gelenkvertiefung etwas überragt und so als Stütze für das Fesselbein dient. Der palmare Rand bildet die Tuberositas flexoria oder Kronbeinlehne. Distal befindet

sich die Gelenkwalze, die in eine schmalere axiale und eine breitere abaxiale Fläche gegliedert ist.

Gemäss den Untersuchungen von Ranft (1936) waren die medialen Kronbeine etwas breiter als die lateralen, und die Gelenkfläche des Kronbeins der dritten Zehe war grösser als die der vierten Zehe. Zudem waren die Kronbeine der Hintergliedmassen schlanker und länger als diejenigen der Vordergliedmassen. Die Kronbeine der dritten Zehe waren seinen Resultaten zufolge oft länger als die der vierten Zehe.

Schwarzmann et al. (2007) konnten keinen Längenunterschied zwischen den medialen und lateralen Kronbeinen feststellen. In Übereinstimmung mit Ranft (1936) waren bei ihren Messungen die Kronbeine der Hintergliedmassen länger als diejenigen der Vordergliedmassen, allerdings nur bei den über sieben Wochen alten Kälbern.

Auch bei den Messungen an den Kronbeinen von Gämsen, Damhirschen, Bisons und Elchen (Keller et al., 2009) waren die Kronbeine der Beckengliedmassen länger als die der Schultergliedmassen. Zu etwas abweichenden Resultaten kamen Muggli et al. (2011) bei Kälbern, Rindern, Jung- und Altkühen. In dieser Untersuchung waren zwar die lateralen Kronbeine der Schultergliedmassen in allen Altersgruppen signifikant länger als die medialen, an den Kronbeinen der Beckengliedmassen war nur bei den Rindern und Altkühen ein signifikanter Längenunterschied auszumachen.

#### **4.1.4. Klauenbein (Os ungulare, Phalanx distalis)**

Am Klauenbein des Rindes werden eine Wand-, eine Sohlen- und eine Gelenkfläche unterschieden, wobei die Wandfläche weiter in die Aussenfläche (Facies abaxialis) und die Klauenspaltpfläche (Facies axialis) unterteilt wird. Diese beiden Flächen kommen am Dorsalrand zusammen. Am Kronrand oder Margo coronalis treffen sich Wand- und Gelenkfläche, am Sohlenrand oder Margo solearis Wand- und Sohlenfläche. Am Dorsalrand erstreckt sich der Processus extensorius nach proximal. Die Sohlenfläche besitzt palmar bzw. plantar ein verdicktes Ende, das Tuberculum flexorium, an welchem die tiefe Beugesehne ansetzt. An die Gelenkfläche schliesst sich palmar bzw. plantar eine Facies articularis sesamoidea für das Klauensesambein an.

Ranft (1936) stellte fest, dass die medialen Klauenbeine der Schultergliedmasse länger waren als die lateralen. Die Klauenbeine der Hintergliedmassen von Kälbern waren grösser (wobei die Grösse anhand von 10 genau definierten Distanzen bestimmt wurde) als die der Vordergliedmassen und hatten die Form eines gleichschenkligen Dreiecks. Bei den Kühen glichen

die Klauenbeine der Form nach mehr einem spitzwinkligen Dreieck. Bei den adulten Rindern wiesen 18 von 23 Tieren an den Schultergliedmassen grössere Klauenbeine auf als an den Beckengliedmassen (Ranft, 1936).

Auch Simon (1963) stellte fest, dass bei Kühen die Klauenbeine der Schultergliedmassen länger und grösser waren als diejenigen der Beckengliedmassen. Der Klauenbeinwinkel, der Winkel zwischen Dorsalrand und Sohlenfläche, betrug an den Vordergliedmassen durchschnittlich  $34.7^\circ$ , an den Hintergliedmassen  $35.4^\circ$  (Simon, 1963). Schwarzmann et al. (2007) massen an Röntgenaufnahmen, die im abaxio-axialen Strahlengang angefertigt wurden, bei 21 Kälbern die Dorsallänge, die Sohlenlänge und den Dorsalwinkel des Klauenbeins aus. Die drei gemessenen Parameter waren sowohl an den Vorder- als auch an den Hintergliedmassen an den medialen Klauen signifikant grösser als an den lateralen.

Auch Wildwiederkäuer (Keller et al., 2009) wiesen an den Schultergliedmassen längere mediale als laterale Klauenbeine auf. Eine Ausnahme bildeten die Elche, deren laterales Klauenbein bei 77.3 % der Zehen länger war als das mediale. Bei den Gämsen und Elchen war das laterale Klauenbein der Beckengliedmassen, bei den Bisons und Damhirschen das mediale länger als das jeweilige andere Klauenbein derselben Gliedmasse. Die Klauenbeine der Beckengliedmassen der Gämsen und Elche waren signifikant länger als diejenigen der Vordergliedmassen. Demgegenüber waren die Klauenbeine der Vordergliedmassen der Bisons um durchschnittlich 2.3 mm, diejenigen der Damhirsche um durchschnittlich 0.4 mm länger als diejenigen der Hintergliedmassen.

Die Messungen von Muggli et al. (2011) ergaben bei Rindern verschiedener Altersgruppen, dass das mediale Klauenbein bis auf wenige Ausnahmen länger als das laterale war, wobei die Differenz an den Vordergliedmassen häufiger signifikant war als an den Hintergliedmassen.

#### **4.1.5. Klauenmasse und unterschiedliche Zehenlänge**

Nuss und Paulus (2006) erhoben an den Zehenpräparaten der Beckengliedmassen von 80 Rindern (Jungbullen, Jungkühen und Altkühen) verschiedene Klauenmasse. Vor den Messungen wurden die Klauen auf eine definierte Sohlendicke von 5 mm an der Klauenspitze und 8 mm am Ballen zugeschliffen. Im Vergleich zu den Innenklauen waren an den Aussenklauen der Klauenumfang, die Sohlenfläche, die Klauenlänge, die Sohlenbreite, die diagonale Sohlenlänge sowie die Ballenbreite, -höhe und -länge signifikant grösser. Anschliessend wurden die Klauen exunguliert und entsprechende Messungen am Korium durchgeführt, wobei an den Aussenklauen ebenfalls höhere Werte gemessen wurden. Zusammenfassend stellten Nuss und

Paulus (2006) fest, dass bei definierter Sohlendicke beider Klauen die Aussenklaue meist nach distal über das Niveau der Innenklaue hinaus ragte. Als Ursache vermuteten die Autoren einen anatomischen Längenunterschied. Dadurch würden die Aussenklauen vermehrt belastet und seien prädisponiert für Klauenerkrankungen. Weiter gaben sie zu bedenken, dass die strikte Befolgung der Prinzipien der funktionellen Klauenpflege durch das Anpassen der Aussenklaue auf das Niveau der Innenklaue zu einer signifikant dünneren Sohle an der Aussenklaue führe. Sie empfahlen, die Aussenklauen nur insoweit an die Innenklauen anzupassen, als dass sie nachher noch eine genügende Sohlendicke aufwiesen.

#### **4.1.6. Anatomische Befunde und Hypothesen zur deren Funktion**

Neben der Länge der einzelnen Knochen wurde von mehreren Autoren (Keller et al., 2009; Muggli et al., 2011) auch die Zehengesamtlänge gemessen. Diese wurde auf drei verschiedene Arten bestimmt. Bei allen Methoden waren die Mittelwerte der lateralen Zehen grösser als die der medialen. An den Beckengliedmassen war der Längenunterschied jeweils deutlicher als an den Schultergliedmassen, zudem nahm er mit steigendem Alter zu. Schwarzmann et al. (2007) vermessen nicht die Gesamtlänge, sondern den Höhenunterschied zwischen den beiden Zehen einer Gliedmasse im Fessel-, Kron- und Klauengelenk. Im Krongelenk bestand bei 92.7 % der Röntgenaufnahmen ein Höhenunterschied zwischen den Zehen, wobei bei 91.4 % der Zehen der laterale Messpunkt weiter distal gelegen war. Der Höhenunterschied im Krongelenk war an den Hintergliedmassen signifikant grösser als an den Vordergliedmassen. Bei 92.1 % der Kälber war zwischen den lateralen und medialen Zehen ein Höhenunterschied auch im Klauengelenk vorhanden, wobei bei 90.1 % der laterale Messpunkt weiter distal gelegen war. Der Höhenunterschied im Klauengelenk war an den Hintergliedmassen grösser als an den Vordergliedmassen. Der Unterschied war allerdings nur bei 18 % der Kälber auch im Sohlenniveau offensichtlich erkennbar. Die Autoren folgerten daraus, dass der Unterschied besonders an den Schultergliedmassen, weniger aber an den Beckengliedmassen, durch das grössere mediale Klauenbein, die medial längere Dorsalwand des Hornschuhs und die stärkere Hornsohle an der medialen Klaue kompensiert werden könnte.

Paral et al. (2004) führten aus, dass die Schultergliedmasse eines Rindes nur zur Flexion und Extension fähig sei und vor allem stützende Funktion besitze. Sie vermuteten, dass eine ungefähr ausgeglichene Länge der Ossa metacarpalia III und IV für die stützende Funktion der Schultergliedmasse am günstigsten sei. Durch das Hüftgelenk sei demgegenüber an der Beckengliedmasse auch eine Abduktion möglich. Durch die Stellung des Oberschenkels gegenüber dem Becken erhalte die Beckengliedmasse eine grössere Bewegungsfreiheit. Damit

könne sie ihre Fortbewegungsfunktion besser ausüben. Es sei zu vermuten, dass eine grössere Länge des Os metatarsale IV gegenüber dem Os metatarsale III für eine Gliedmasse mit grösserer Bewegungsfreiheit vorteilhaft sei. Keller et al. (2009) werteten den Befund, dass die lateralen Zehen der Füsse mehrheitlich länger waren als die medialen, als Vorteil für die Standfestigkeit auf weichem Boden. Die laterale Klaue, welche als erste in den Boden eindringe, stütze den Schwerpunkt des Rumpfes ab, während die mediale Zehe erst nachfolgend das Gewicht übernehme. Schwarzmann et al. (2007), Keller et al. (2009) sowie Muggli et al. (2011) betonten, dass es durch diesen anatomischen Längenunterschied bei Haltung auf harten Böden zu vermehrtem Auftreten von Klauenerkrankungen durch Überlastung der Aussenklauen kommen könne. Muggli et al. (2011) stellten die Frage, ob ein besonders ausgeprägter Längenunterschied eine Prädisposition für Sohlengeschwüre darstelle.

Dass die Aussenklauen der Beckengliedmassen besonderen Belastungen unterworfen sind, wurde in verschiedenen Untersuchungen festgestellt. Alsleben et al. (2003) bestimmten die Belastungsverhältnisse und die Druckverteilung unter den Klauen mit Hilfe einer elektronischen Messanlage am stehenden Tier. Die Gewichtslast an den Hintergliedmassen lag bei Kälbern im Alter von 2 Monaten zu 72 % auf der medialen Klaue. Im Alter von 12 Monaten trug die laterale Klaue schon 43 %, im Alter von 24 Monaten trug sie 54 % der Gewichtslast. Die Autoren folgerten daraus, dass die Gewichtsverteilung unter den Klauen stark vom Alter bzw. Körpergewicht der Tiere abhängig sei.

Auch Ossent et al. (1987) stellten fest, dass an den Hinterbeinen mit zunehmendem Alter eine Verschiebung der Belastung von der medialen hin zur lateralen Klaue erfolge. Weiter konnten die Autoren bei Erstkalbenden, die nach dem Abkalben schwerere Sohlenläsionen entwickelten, einen Monat vor der Abkalbung eine grössere Belastung der Aussenklauen messen als bei Vergleichstieren.

Van der Tol et al. (2002) massen mit Hilfe einer Druckmessplatte die Druckverteilung unter den Klauen bei stehenden Kühen. Sie kamen zum Ergebnis, dass die lateralen Klauen an den Hintergliedmassen am häufigsten den höchsten Drücken ausgesetzt waren. An den Vordergliedmassen mussten häufiger die medialen Klauen eine maximale Belastung ertragen. Van der Tol et al. (2003) massen bei neun Milchkühen, die über einen mit Gummimatten bedeckten Betonboden gingen, die auf die Klauen einwirkenden Kräfte und die Druckverteilung während verschiedenen Schrittphasen. Beim Auffussen der Hintergliedmassen lag die vertikale Bodenreaktionskraft zu > 95 % auf dem äusseren Teil der Aussenklauen. Allmählich verschob sie sich auch auf die medialen Klauen, bis sie beim Abfussen ungefähr zu gleichen

Teilen auf den vorderen Bereichen beider Klauen lag. An den Vordergliedmassen wirkten die Kräfte vom Auffussen bis zum Abfussen gleichmässiger auf die Innen- und Aussenklauen ein.

Meyer et al. (2007) dokumentierten den Fussungsvorgang von Rindern auf dem Laufband mit einer Hochfrequenzkamera. Es zeigte sich, dass beim Gehen die lateralen Klauen der Vordergliedmassen meist, die lateralen Klauen der Hintergliedmassen immer den Boden zuerst berührten. An den Vordergliedmassen konnte manchmal ein gleichzeitiges Aufsetzen von Innen- und Aussenklaue beobachtet werden. Zudem setzten die Innenklauen der Vordergliedmassen signifikant früher auf als diejenigen der Hintergliedmassen. Meyer et al. (2007) folgerten aus diesen Messungen, dass an den Vordergliedmassen keine eindeutige Überbelastung der Aussenklauen stattfindet. Bezüglich der Hintergliedmassen sprachen Meyer et al. (2007) von einer Überbelastung der Aussenklauen, die ihrer Ansicht nach durch den anatomischen Längenunterschied und durch die Fussungsart, die Gliedmassen unter den Körper zu setzen, zustande kam.

Schmid et al. (2009) führten die Untersuchungen von Meyer et al. (2007) weiter, indem sie den Fussungsvorgang von laktierenden Kühen auf dem Laufband auswerteten. Die laterale Klaue der Vordergliedmassen berührte in 10 von 12 Fällen den Boden vor der medialen, die laterale Klaue der Hintergliedmassen berührte den Boden bei allen gefilmten Kühen vor der medialen. Dabei kam der laterale Ballen (der Begriff Ballen wird in der vorliegenden Arbeit dem klinischen Sprachgebrauch nach verwendet) bei allen Hintergliedmassen und neun Vordergliedmassen als erster Klauenteil in Bodenkontakt. Der Hauptunterschied zum Gangbild der Rinder (Meyer et al., 2007) bestand in einer grösseren Schrittweite der Kühe und in einem grösseren Zeitabstand zwischen dem Bodenkontakt des lateralen Ballens und dem vollständigen Bodenkontakt der medialen Klauen der Hintergliedmassen. Schmid et al. (2009) vermuteten, dass diese Befunde zu einer erhöhten Belastung der Klauen von Kühen beitragen könnten. Sie hielten eine Abmilderung der Kräfte durch den polsternden Effekt der muskulotendinösen Anheftung der Vordergliedmassen an den Rumpf für möglich.

## **4.2. Das Rusterholzsche Sohlengeschwür**

### **4.2.1. Vorkommen und Bedeutung**

Rusterholzsche Sohlengeschwüre beeinträchtigen das Wohlbefinden der betroffenen Tiere durch Verursachen von Schmerzen, die sich in Lahmheiten äussern (Rusterholz, 1920; Tous-saint Raven, 1989; Murray et al., 1996; Lischer et al., 2002; Chapinal et al., 2009; Cramer et

al., 2009). Zudem wird durch Sohlengeschwüre die Schmerzschwelle an den betroffenen Gliedmassen herabgesetzt, so dass die Tiere schmerzempfindlicher werden (Whay et al., 1997). Bei einer Untersuchung an 207 Simmentaler-Kühen in der Schweiz wiesen 12 % der Tiere Sohlengeschwüre auf (Martig et al., 1979). In einer neueren nordamerikanischen Untersuchung an 2800 Holstein-Kühen wurde eine Prävalenz von Sohlengeschwüren und eitrig-hohlen Wänden von 23 % gefunden (Bicalho et al., 2008). In einer dänischen Studie an 6240 Holstein-Kühen lag die Prävalenz von Sohlengeschwüren bei 6 % (Capon et al., 2008). Zwischen dem Auftreten von Lahmheiten und dem Vorhandensein von Sohlengeschwüren bestand mit einem Korrelationskoeffizient von 0.36 ein statistisch signifikanter Zusammenhang (Capon et al., 2008). Die Prävalenz von Sohlengeschwüren bei 13'530 Kühen aus Milchviehherden in Ontario betrug 4.7 % bei Kühen in Anbindehaltung und 9.2 % bei Laufstallkühen (Cramer et al., 2008).

Am häufigsten treten Sohlengeschwüre im Zeitraum der Abkalbung und in den ersten Laktationsmonaten auf (Enevoldsen et al., 1991b; Leach et al., 1997). Dies wird mit biomechanischen und histologischen Veränderungen des Bindegewebes im Rahmen der Geburt in Zusammenhang gebracht, die dazu führen, dass der Aufhängeapparat der Klauen seine Funktion nicht mehr optimal ausüben kann (Tarlton et al., 2002; Knott et al., 2007).

Rezidive bei einmal betroffenen Tieren sind häufig (Enevoldsen et al., 1991b). In einer Studie an 74 Kühen mit unkomplizierten Sohlengeschwüren mussten 52 % in der folgenden Laktation erneut wegen Sohlengeschwüren behandelt werden (Lischer et al., 2001). Wirtschaftliche Verluste aufgrund von Sohlengeschwüren entstehen infolge verminderter Milchleistung (Bicalho et al., 2008) und Fruchtbarkeit (Hultgren et al., 2004; Bicalho et al., 2007). Zudem müssen die Mehrarbeit des Landwirtes und die tierärztlichen Behandlungskosten eingerechnet werden. Bei zu später Erkennung und Ausdehnung auf tiefere Strukturen ist eine kostspielige chirurgische Behandlung oder die Schlachtung notwendig (Martig et al., 1979; Nuss and Steiner, 2004). Wirtschaftlich von Bedeutung sind auch die erhöhten Abgangsraten von betroffenen Tieren (Sprecher et al., 1997; Booth et al., 2004; Bicalho et al., 2007; Cramer et al., 2009).

#### **4.2.2. Ätiologie und Pathogenese**

Die genaue Entstehungsweise von Rusterholz'schen Sohlengeschwüren ist bis heute nicht vollständig geklärt. Verschiedene Faktoren werden im Schrifttum diskutiert (Rusterholz, 1920; Smedegaard, 1985; Toussaint Raven, 1989; Ossent and Lischer, 1998; Lischer et al., 2002; Tarlton et al., 2002; Räber et al., 2004; Vermunt, 2007; Bicalho et al., 2009).

Rusterholz (1920) führte als Ursache der Entstehung von Sohlengeschwüren in erster Linie eine vermehrte Belastung der Aussenklauen an. Die Geschwüre bildeten sich seiner Ansicht nach von innen heraus infolge traumatischer Einwirkung des Klauenbeins auf die Sohlenlederhaut, wodurch eine entzündliche Reizung ausgelöst werde. Prädisponierend seien alle Umstände, durch welche die hinteren Klauenabschnitte vermehrt beansprucht würden. Dies sei zum Teil bei Tieren mit angeborener Gliedmassenfehlstellung (z. B. Säbelbeinigkeit) der Fall. Insbesondere sei aber auch das Zusammenpferchen von schweren Milchkühen, so dass diese die Füße enger zusammenstellen müssten, prädisponierend, da dadurch die Aussenklauen mehr Gewicht aufzunehmen hätten. Tiere mit langen Stallklauen, wie dies bei ausschliesslicher Stallhaltung und vernachlässigter Klauenpflege vorkomme, seien besonders anfällig für das Leiden.

Durch die vermehrte Belastung der hinteren Klauenpartien kommt es nach Rusterholz (1920) zu einer starken Belastung und Zerrung der tiefen Beugesehne und einer Reizung des Periosts an ihrer Ansatzstelle am Klauenbein. Dies führe zur Verdickung und zur Bildung von Osteophyten und Exostosen am Klauenbein. Dadurch wiederum komme es zu einer Quetschung der Sohlenlederhaut und nachfolgend zur Geschwürsbildung. Smedegaard (1985) konnte durch das Aufnageln von keilförmigen Hufeisen, welche die Kühe zu vermehrter Ballenfussung zwangen, Sohlengeschwüre erzeugen. Dadurch wurde bestätigt, dass eine übermässige Belastung der Sohlen-Ballenregion ein wichtiger Faktor bei der Entstehung von Sohlengeschwüren ist.

Kühe mit einem dicken Fettpolster in der Klauensubkutis erkrankten seltener an Sohlengeschwüren oder eitrig-hohlen Wänden als Vergleichstiere mit dünnerem Polster (Bicalho et al., 2009). Diese Beobachtung stützte die Theorie von Rusterholz (1920), dass die Ursache in einer mechanischen Kompression der Lederhaut liege. Je dünner das Fettpolster, desto weniger könne es den Druck, der durch das Tuberculum flexorium auf die Lederhaut ausgeübt wird, dämpfen (Räber et al., 2004). Kühe mit einem tieferen Body Condition Score wiesen in der Ultraschalluntersuchung an der Stelle, an der Sohlengeschwüre typischerweise lokalisiert sind, ein signifikant dünneres Fettpolster auf als Vergleichstiere (Bicalho et al., 2009). Milchkühe, die in der Früh-laktation Fettgewebe mobilisieren, um die Milchproduktion zu unterstützen, schmälern dadurch möglicherweise auch ihre Fettpolster an den Klauen. Die subkutanen Polster von Kühen mit mehr als drei Laktationen wiesen weniger Fettgewebe und einen erhöhten Anteil an Bindegewebe auf. Dies könnte die Entstehung von Sohlengeschwüren bei älteren Kühen fördern (Räber et al., 2004).



Die Entstehung von Sohlengeschwüren wird massgeblich auch mit der Klauenrehe in Zusammenhang gebracht (Lischer et al., 2002; Vermunt, 2007). Bei einem Klauenreheschub wird die Verbindung zwischen Klauenbein und Hornschuh geschädigt (Ossent and Lischer, 1998). Im Abkalbezeitraum wird durch erhöhte Konzentrationen von Relaxin und Östrogen eine Erweichung des Bindegewebes herbeigeführt, wodurch das Klauenbein innerhalb der Hornkapsel mobiler wird (Tarlton et al., 2002). Es kann deswegen bei Haltung auf hartem Boden zur Absenkung des Klauenbeins im Hornschuh und zur Quetschung der Sohlenlederhaut kommen.

Die Aussenklauen der Hintergliedmassen sind am häufigsten von Sohlengeschwüren betroffen (Rusterholz, 1920; Toussaint Raven, 1989; Tranter and Morris, 1991). Einer Überlegung nach sind die Hintergliedmassen des Rindes scharnierartig mit dem Körper verbunden. Dies soll dazu führen, dass die Aussenklauen der Hintergliedmassen bei den im Stehen ständig vorkommenden kleinen Seitwärtsbewegungen des Rindes ungleich stärkeren Belastungsschwankungen ausgesetzt sind als die Innenklauen (Toussaint Raven, 1989). Durch harte Stallböden wird diese Situation weiter verschlimmert. Diese stetigen Belastungsunterschiede könnten zu einer erhöhten Anfälligkeit der Klauenlederhaut führen. Möglicherweise trägt dieser Umstand dazu bei, dass Sohlengeschwüre an den Aussenklauen der Hintergliedmassen vermehrt auftreten.

#### **4.2.3. Zur Biomechanik der Behandlungsmassnahmen bei Rusterholzschen Sohlengeschwüren**

Die Vorbeugung und auch die unterstützende Behandlung von unkomplizierten Sohlengeschwüren erfordert eine funktionelle Klauenpflege. Dadurch soll die Belastung besser auf beide Klauen verteilt und Druck von der geschädigten Stelle genommen werden (Toussaint Raven, 1985). Diesem Zweck dient das vermehrte Abtragen des Sohlenhornes an der grösseren, stärker belasteten Klaue. Das Belassen von mehr Sohlenhorn an der ursprünglich weniger belasteten Klaue führt dazu, dass sich die „grössere“ Klaue erholen kann (Kehler and Gerwing, 2004).

Nuss und Paulus (2006) konnten zeigen, dass die strikte Einhaltung der Prinzipien der funktionellen Klauenpflege, also das schematische Anpassen der Aussenklauen an die vorher geschnittenen Innenklauen zu einer signifikant geringeren Sohlenhorndicke und einer Kürzung des Ballens der Aussenklaue führte. Dies wurde mit dem anatomischen Längenunterschied zwischen der lateralen und der medialen Zehe erklärt. Gestützt werden die Resultate von Nuss und Paulus (2006) durch van Amstel et al. (2004), die festhielten, dass bei Kühen mit dünnen

Sohlen die Aussenklauen der Hinterbeine eine signifikant dünnere Sohlenhorndicke aufwiesen als die Innenklauen. Die Prinzipien der funktionellen Klauenpflege müssten folglich insoweit angepasst werden, als dass die gesunde Klaue (Innenklaue der Hintergliedmasse) nur wenig gekürzt wird, da sonst die Aussenklaue nicht mehr an die Innenklaue angepasst werden kann.

Durch die funktionelle Klauenpflege soll unter anderem die Belastung von der Ballenregion auf die gesamte Sohlenfläche verlagert werden. Es konnte allerdings gezeigt werden, dass auch nach Klauenpflege der höchste Druck auf die Ballenregion der lateralen Klauen der Hintergliedmassen einwirkte (Van der Tol et al., 2004). Daher scheint eine Klauenpflege allein zu keiner ausreichenden Entlastung der Ballenregion zu führen.

Das Reduzieren der Dorsalwandlänge und das Anbringen der natürlicherweise vorhandenen Hohlkehlung entlasten den Bereich des Tuberculum flexoriums. Dadurch wird der Entstehung des Rusterholzschens Sohlengeschwürs vorgebeugt. Die Hohlkehlung muss allerdings nach Kehler und Gerwing (2004) in kurzen Zeitintervallen erneuert werden, damit sie ihre Wirkung behält. Wenige Monate nach funktioneller Klauenpflege hatte sich die Aussenklaue der Hintergliedmasse wieder zur grösseren und stärker belasteten Klaue entwickelt (Kehler and Gerwing, 2004). Dies wiederum wurde als Hinweis dafür gesehen, dass die Überlastung der Aussenklauen eine anatomische Grundlage haben musste (Muggli et al., 2011).

Eine Aufstallung auf weichem Boden ist für die Klauengesundheit wichtig (Lischer, 2000). Bei beginnenden Sohlengeschwüren oder Druckstellen kann Weidehaltung zu einer Erholung der Lederhaut führen. Hernandez-Mendo et al. (2007) stellten fest, dass sich der Gang von lahmen Kühen beträchtlich verbesserte, als sie während vier Wochen auf der Weide gehalten wurden. Flower et al. (2007) filmten die Bewegung von Kühen, die abwechselungsweise über einen Betonboden bzw. einen mit Gummimatten bedeckten Boden schritten. Es zeigte sich, dass die Kühe auf den Gummimatten längere Schritte machten und eine höhere Schritthöhe erreichten. Lahme Kühe zeigten im Vergleich zu nicht lahmen eine besonders ausgeprägte Verbesserung des Gangbildes auf den Gummimatten. Gummimatten (Benz et al., 2002) werden deswegen zunehmend in die Laufstallhaltung integriert (Telezhenko et al., 2007; Platz et al., 2008).

## 5. Material und Methoden

Das Ziel der vorliegenden Untersuchung war, die Längen des Zehenskelettes einschliesslich der Metatarsalkondylen von Schlachtkühen, die ein Rusterholzsches Sohlengeschwür aufwiesen, röntgenologisch zu bestimmen. Dadurch sollten Unterschiede in der Zehenlänge zwischen der Aussen- und Innenzehe erfasst werden. Die Ausgangshypothese zu der vorliegenden Untersuchung lautete, dass Kühe mit Sohlengeschwüren einen grossen Längenunterschied zwischen der lateralen und der medialen Zehe aufweisen, Kühe mit gesunden Klauen jedoch einen geringen. Die Überprüfung dieser Hypothese sollte durch eine postmortale röntgenologische Untersuchung von 100 Hinterfüssen ohne Basipodium von Schlachtkühen, die älter als zwei Jahre waren, erfolgen. Von diesen sollten 25 Hinterfüsse mit gesunden Klauen als Kontrollgruppe dienen und 75 Hinterfüsse mit einem Rusterholzsches Sohlengeschwür als Untersuchungsgruppe.

Durch die Verwendung von Schlacht tier-Präparaten ergab sich die Möglichkeit, die Prävalenz von Klauenerkrankungen bei Kühen aus der Grossviehschlachtung des Schlachthofs Zürich festzustellen.

### 5.1. Tiere und Präparate

An zwei Schlachttagen wurden am Schlachthof Zürich die unmittelbar distal des Tarsus abgetrennten Meta- und Akropodien von 283 Tieren der Grossviehschlachtung gesammelt. Damit die Tiere identifiziert werden konnten, wurden die Hinterfüsse der Schlachtreihenfolge nach gesammelt und entsprechend beschriftet. Hierfür wurden graue Klebebänder um die Mitte des Metatarsus gewickelt und mit wasserfestem Filzstift beschriftet. Unter den 283 Rindern der Grossviehschlachtung befanden sich 33 weibliche Tiere, die weniger als zwei Jahre alt waren, sowie 64 männliche Tiere. Die Hinterfüsse dieser Tiere wurden ohne weitere Untersuchung entsorgt.

Auch die Fusspaare eines Schottischen Hochlandrindes und einer Angus-Kuh wurden entsorgt, da es sich um die einzigen Kühe dieser Rassen handelte. Ebenso entsorgt wurden die Hinterfüsse einer Kuh unbekannten Geburtsdatums.

Von den übrigen 183 Kühen standen 174 Fusspaare und 9 Einzelfüsse zur Verfügung. Von den 183 Kühen wiesen 36 (19.7 %) unkomplizierte Rusterholzsches Sohlengeschwüre nach der weiter unten aufgeführten Klassifizierung auf. Die 174 Kühe, von denen beide Hinterfüsse vorhanden waren, wurden zur Bestimmung der Prävalenz von Klauenerkrankungen herangezogen.

Da die vorgegebene Anzahl von 75 Sohlengeschwüren noch nicht erreicht war, wurden wiederum vom Schlachthof Zürich an weiteren Grossviehslachttagen 39 einzelne Hinterfüsse von Kühen, die ein Rusterholzsches Sohlengeschwür aufwiesen, bezogen. Diese Füsse entstammten zwar einer ähnlichen Population wie die zuvor gesammelten, allerdings konnten das Alter, die Rasse und das Schlachtgewicht dieser Tiere nicht herausgefunden werden.

#### **5.1.1. Vorbereitung der Präparate**

Alle Hinterfüsse wurden mit dem Hochdruckreiniger gewaschen und anschliessend getrocknet. Danach wurden sie paarweise in beschriftete Plastiksäcke abgepackt und bis zum Beginn der Beurteilung und der Messungen bei minus 20° C in einem Gefrierraum gelagert.

#### **5.1.2. Beurteilung der Klauenveränderungen**

Die Präparate wurden während 12 bis 24 Stunden aufgetaut. Anschliessend wurde mit einem Klauenmesser an den Sohlen ein Probeschnitt angelegt, um das Fehlen oder Vorhandensein eines Sohlengeschwürs zu beurteilen. Weiter wurden alle von Auge sichtbaren Veränderungen des Hornschuhs und der umgebenden Haut protokolliert. Damit Druckstellen, Sohlenblutungen, Rusterholzsche Sohlengeschwüre oder eitrig-hohle Wände näher charakterisiert werden konnten, wurden die Klauen in einem zweiten Arbeitsschritt mit dem Winkelschleifer bearbeitet und anschliessend erneut beurteilt. Folgende 16 Läsionen wurden festgehalten: Ballhornfäule, eitrig-hohle Wand, unkomplizierte und komplizierte Rusterholzsche Sohlengeschwüre, Klauenrehe, Rollklauen, Dermatitis digitalis, Dermatitis interdigitalis, Hyperplasia interdigitalis, Doppelsohle, diffuse rötliche Verfärbungen im Sohlenhorn („Sohlenblutungen“), Hornspalt, Hornkluft, Hornsäule, lose Wand und Spreizklauen.

Die Präparate mit unkomplizierten Rusterholzchen Sohlengeschwüren wurden für die vorliegende Untersuchung in drei Schweregrade unterteilt:



**Abb. 1.** Sohlengeschwüre 1. Grades (links), 2. Grades (Mitte) und 3. Grades (rechts).

1. „Druckstellen“ (Grad 1) zeichneten sich durch eine oberflächliche Verfärbung des Hornes an der Prädilektionsstelle ohne Freilegung der Lederhaut aus (Abb. 1).
2. „Durchgebrochene Sohlengeschwüre“ (Grad 2) erreichten die Lederhaut, waren aber streng auf die Prädilektionsstelle lokalisiert.
3. „Ausgebreitete Sohlengeschwüre“ (Grad 3) hatten sich dagegen grossflächiger ausgebreitet, ohne tiefer gelegene Strukturen zu erfassen.

## 5.2. Röntgenaufnahmen

Nach der Dokumentation der Klauenhaut- oder Klauenhornläsionen wurden 100 Hinterfüsse ausgewählt. Diese waren entweder „gesund“ (25 Präparate) oder wiesen ein Rusterholzsches Sohlengeschwür (75 Präparate) auf. Die 25 Füsse mit den als gesund eingestuften Klauen dienten als Kontrollgruppe. Diese Klauen zeigten ausser leichtgradigen Formen von Ballenhornfäule keine Veränderungen. Je 25 der übrigen 75 Füsse wurden einem der drei oben definierten Schweregrade des Rusterholzsches Sohlengeschwürs zugeordnet. Von diesen insgesamt 100 Füßen wurden Röntgenaufnahmen angefertigt. Mit Ausnahme eines einzigen Präparates der Gruppe der Sohlengeschwüre 1. Grades, welches an der medialen Klaue ein Sohlengeschwür aufwies, waren bei sämtlichen Präparaten die Sohlengeschwüre an der jeweiligen Aussenklaue lokalisiert.

Die Aufnahmen wurden mit einem fahrbaren Röntgengerät (Firma Gierth HF 200) und Röntgenkassetten (IP Cassette Type 3A, Fuji) der Grösse 30 x 40 cm angefertigt. Zur Verringerung der Rückstrahlung vom Boden wurden die Kassetten auf eine Bleischürze gelegt. Jeweils zwei Hinterfüsse wurden mit der Dorsalseite nach unten auf eine Röntgenkassette gelegt und mit Hilfe von Knetmasse in gestreckter Position fixiert. Mit röntgendichten Zeichen wurden die Präparate als rechter oder linker Fuss ausgewiesen. Zusätzlich wurden sie mit der zugehörigen Identifikationsnummer versehen. Mittig zwischen die Präparate wurde ein Bleimassstab mit Zentimeterskala platziert. Mit Hilfe von kleinen Klötzchen wurde er auf Höhe des Röhrbeins angehoben, damit die projektionsbedingten röntgenologischen Verzerrungen den Knochen und den Massstab gleich betrafen (Abb. 2).

Die Aufnahmen wurden in plantarodorsaler Strahlenrichtung angefertigt, wobei die Expositionswerte 70 kV, 30 mA und 0.2 sec verwendet wurden. Der Film-Fokus-Abstand wurde stets auf 1.15 m eingestellt. Der Zentralstrahl wurde auf Höhe der Krongelenke mittig zwischen beide Präparate gerichtet. Alle Aufnahmen wurden auf Symmetrie der Fuss- und Zehenachse hin beurteilt. Lag keine Symmetrie vor, wurden die Aufnahmen wiederholt.

### 5.2.1. Messungen an den Röntgenaufnahmen

Die digitalisierten Röntgenaufnahmen wurden als JPG-Files vom Open Source Bildbetrachter-Computerprogramm OsiriX heruntergeladen und für die Durchführung der Messungen in die Computersoftware Metron PX<sup>TM</sup> (Version 3.35, Firma Epona Tech, Creston, USA) importiert. Nach dem Importieren wurden die Röntgenaufnahmen kalibriert. Dabei wurden sie auf 150 % der Originalgrösse vergrössert. Mit Hilfe der Zentimeterskala des Bleimassstabs wurde

1 cm als „1 inch“ definiert. Damit konnten massstabgetreue Messungen vorgenommen werden. Sämtliche Messungen wurden ebenfalls in der 150 %igen Vergrößerung durchgeführt. Die Messungen wurden nach der Methodik von Muggli et al. (2011) durchgeführt. Bestimmt wurden die Längen der einzelnen Knochen sowie drei unterschiedliche „Gesamtlängen“ der Zehen.

#### **5.2.1.1. Epiphysenbreite**

Die Epiphysenbreite wurde als Hilfslinie zur Festlegung der Länge der Röhreinkondylen sowie der Gesamtlängen verwendet. Dazu wurde die laterale mit der medialen Klauenbein- spitze durch eine Linie verbunden und der Mittelpunkt dieser Linie bestimmt. Vom so erhaltenen Mittelpunkt aus wurde eine Gerade nach proximal durch die Incisura intertrochlearis gezogen. Im rechten Winkel zu dieser Geraden wurde eine weitere Linie auf Höhe des am weitesten distal gelegenen Punktes des lateralen Randes der Epiphysenfuge eingezeichnet, die über die gesamte Breite des Metatarsus nach medial verlängert wurde. Diese Linie wurde als Epiphysenbreite (EB) bezeichnet (Abb. 2).

#### **5.2.1.2. Länge der Röhreinkondylen**

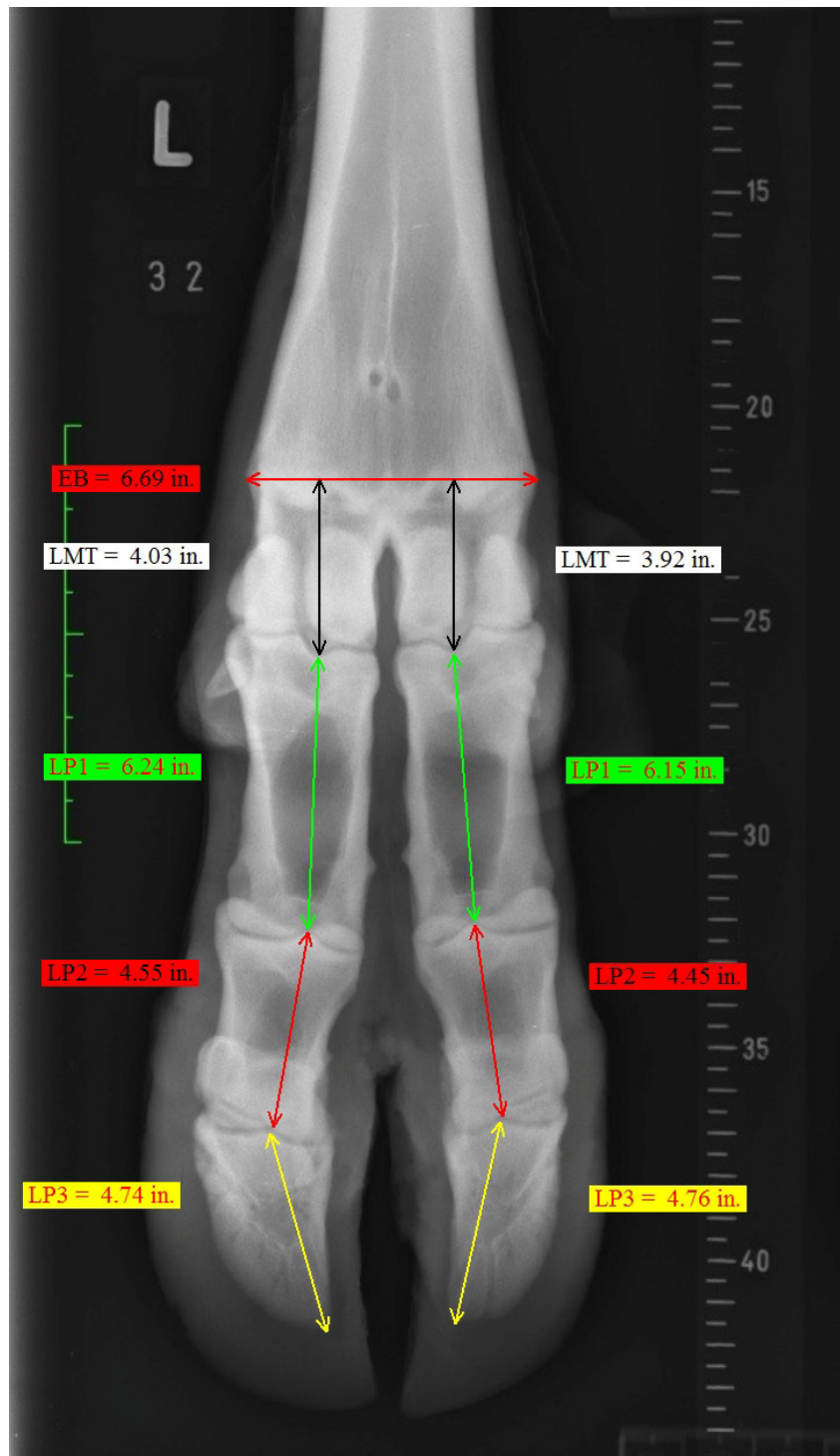
Zur Bestimmung der Länge der lateralen und medialen Röhreinkondylen wurde eine Gerade im rechten Winkel zur Epiphysenbreite durch die beidseits am weitesten distal gelegenen Punkte der Sagittalkämme der Gelenkwalzen gelegt. Die Länge der Linie zwischen diesen Punkten und der Epiphysenbreite galt als Röhreinkondylenlänge und wurde mit LMT beschriftet (Abb. 2).

#### **5.2.1.3. Fesselbeinlänge**

Ausgehend vom am weitesten distal gelegenen Punkt der Sagittalrinne der Fovea articularis des Fesselbeins wurde eine Linie nach distal zum am weitesten proximal gelegenen Punkt der Gelenkwalze gezogen. Die Länge dieser Linie wurde gleichgesetzt mit der Fesselbeinlänge und mit LP1 (Länge der Phalanx 1) beschriftet (Abb. 2).

#### **5.2.1.4. Kronbeinlänge**

Zur Längenbestimmung des Kronbeins wurde eine Linie vom proximalen Ende des Processus extensorius bis zum am weitesten proximal gelegenen Punkt der Gelenkwalze des Kronbeins gezogen und deren Länge bestimmt. Die Kronbeinlänge wurde mit LP2 (Länge der Phalanx 2) beschriftet (Abb. 2).



**Abb. 2.** Holstein-Friesian-Kuh, 2,25 Jahre, linker Hinterfuss. Röntgenaufnahme im plantarodorsalen Strahlengang. Epiphysenbreite (EB), Röhrbeinkondylenlänge (LMT), Fesselbeinlänge (LP1), Kronbeinlänge (LP2), Klauenbeinlänge (LP3). Bleimassstab (rechts) zur Kalibrierung der Messungen. 1 inch = 1 cm.



#### **5.2.1.5. Klauenbeinlänge**

Für die Bestimmung der Klauenbeinlänge wurde der proximale Endpunkt des Processus extensorius mit der Klauenbeinspitze verbunden. Die Linie wurde mit der Beschriftung LP3 (Länge der Phalanx 3) versehen (Abb. 2). Als Klauenbeinspitze wurde der am weitesten distal liegende Punkt des Klauenbeins festgelegt, unabhängig, ob dieser ganz axial oder weiter abaxial lag. Zur exakten Bestimmung des Messpunktes an der Klauenbeinspitze musste die Hel-  
ligkeit der Röntgenaufnahmen mit Hilfe der Computersoftware Metron PX<sup>TM</sup> noch leichtgradig erhöht werden.

#### **5.2.1.6. Gesamtlänge 1**

Für die Bestimmung der Gesamtlänge 1 (GL1) wurde eine rechtwinklig zur Epiphysenbreite gelegene Linie eingezeichnet. Diese Gesamtlänge 1 reichte von der Epiphysenbreite bis zum distalen Endpunkt der zuvor bestimmten Kronbeinlänge (Abb. 3).

#### **5.2.1.7. Gesamtlänge 2**

Als Gesamtlänge 2 (GL2) wurde die Strecke zwischen Epiphysenbreite und der vorher bestimmten Klauenbeinspitze, wiederum im rechten Winkel zur Epiphysenbreite, bezeichnet (Abb. 3).

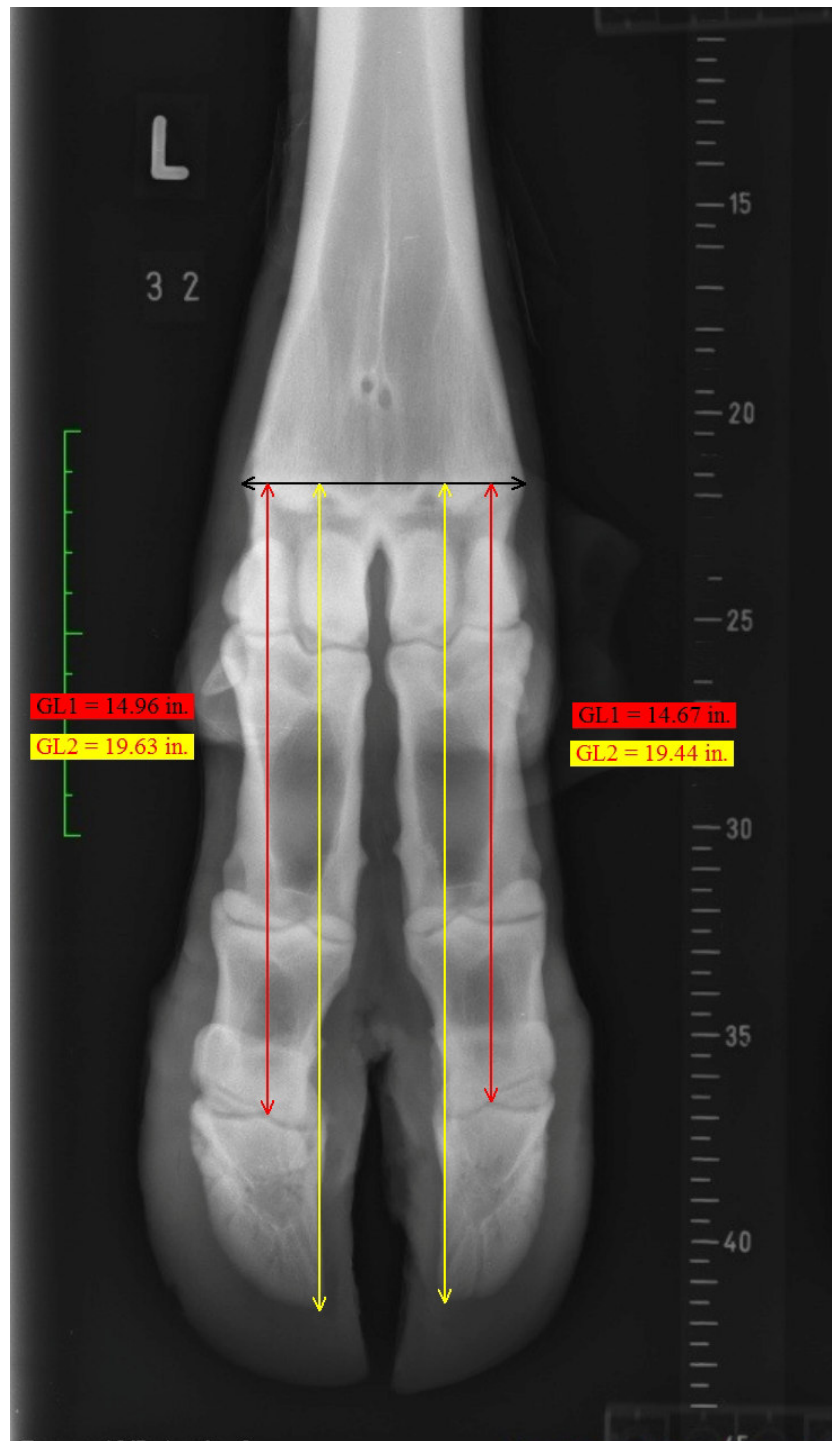
#### **5.2.1.8. Gesamtlänge 3**

Die Gesamtlänge 3 (GL3) liess sich als Summe der zuvor bestimmten Längen von Röhrbeinkondylus, Fesselbein (LP1), Kronbein (LP2) und Klauenbein (LP3) berechnen.

### **5.3. Statistische Methoden**

Die Daten wurden mit dem Statistikprogramm SPSS, Version 17.0 für Windows, SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA, statistisch ausgewertet. Alle Daten wurden zunächst mit der Explorativen Datenanalyse beurteilt. Die Zusammenhänge zwischen dem Alter, dem Schlachtgewicht und den Klauenerkrankungen bzw. zwischen unterschiedlichen Klauenerkrankungen wurden mit dem Chi-Quadrat-Test bzw. dem exakten Test nach Fisher festgestellt. Dafür wurden eine Altersgruppe mit den über sieben Jahre alten Kühen und eine zweite Altersgruppe mit den Kühen jüngeren Alters gebildet. Ebenso wurden die Kühe unterteilt in eine Gruppe von Kühen mit einem Schlachtgewicht über 300 kg und eine Gruppe mit Kühen, deren Gewicht darunter lag. Die Differenzen der Zehenlängen wurden mit dem gepaarten T-Test auf statistische Signifikanz getestet. Insbesondere wurden die Differenzen der Mittelwerte der Messungen der

medialen und lateralen Zehen miteinander verglichen. Eine Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p < 0.05$  wurde als statistisch signifikant festgelegt.



**Abb. 3.** Holstein-Friesian-Kuh, 2.25 Jahre, linker Hinterfuss. Röntgenaufnahme im plantaro-dorsalen Strahlengang. Gesamtlängen 1 und 2 (GL1 + GL2). Die Geraden gehen von der Epiphysenbreite aus und stehen senkrecht zu ihr.

## 6. Ergebnisse

### 6.1. Klauenveränderungen

#### 6.1.1. Vorkommen und Rasseunterschiede

Die 174 Kühe gehörten vorwiegend den Rassen Schweizer Braunvieh oder Brown Swiss (83 Tiere) und Schweizer Rotfleckvieh (61 Tiere) an. Daneben waren Holstein-Friesian-Kühe (19 Tiere) sowie Kreuzungstiere und Tiere verschiedener Rassen (zusammen 11 Tiere) vertreten.

Die Kühe waren zwischen 27 und 193 Monate alt, im Mittelwert 75.9 Monate (Tab. 1). Die Kühe, die zum Zeitpunkt der Schlachtung über sieben Jahre (84 Monate) alt waren, wiesen im Vergleich zu den jüngeren nicht vermehrt Klauenerkrankungen auf.

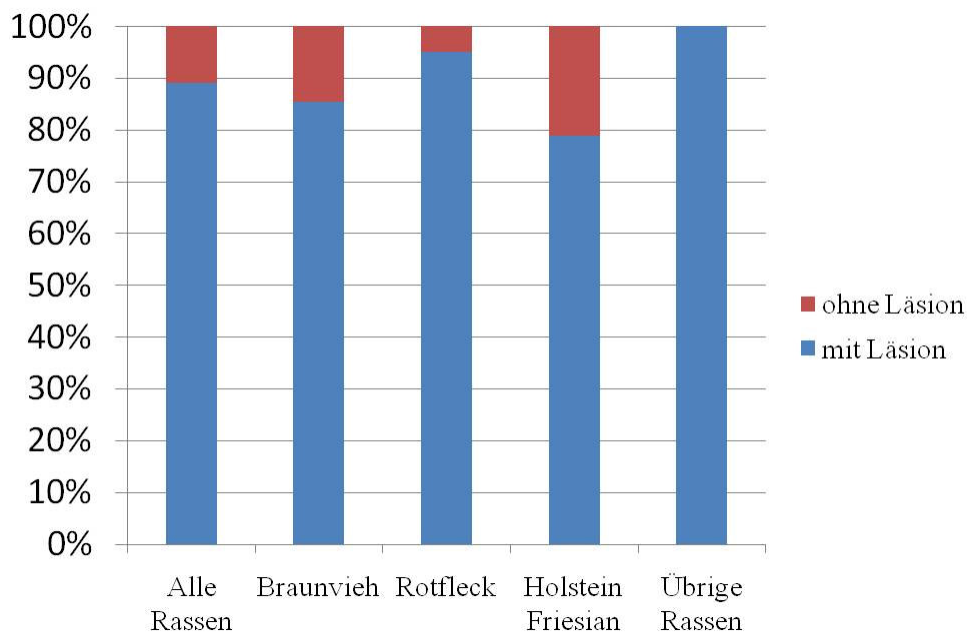
**Tab. 1.** Altersverteilung der 174 Schlachtkühe (Angaben in Monaten).

	n	Mittelwert	s	Min.	Max.
Alle Kühe	174	75.9	32.6	27	193
Braunviehkühe	83	77.1	35.3	27	193
Rotfleckviehkühe	61	77.7	29.1	28	150
Holstein-Friesian	19	63.7	27.6	27	122
Übrige Rassen	11	78.1	38.3	27	152

n = Anzahl der Tiere; s = Standardabweichung; Min. = Minimum; Max. = Maximum.

Das Schlachtgewicht lag zwischen einem Minimum von 207 kg und einem Maximum von 494 kg, im Mittelwert betrug es 302 kg. Bei Kühen mit einem Schlachtgewicht über 300 kg wurden zwar mehr Klauenerkrankungen als bei Kühen mit einem Schlachtgewicht bis zu 300 kg festgestellt, jedoch war diese Beziehung statistisch nicht signifikant.

Bei 155 (89.1 %) der untersuchten 174 Schlachtkühe wurde mindestens eine von 16 verschiedenen Klauenveränderungen gefunden. Nur 19 (10.9 %) Kühe wiesen keinerlei Schädigungen an den Klauen auf. Bei je 47 Kühen (je 27 %) wurden eine oder zwei Klauenveränderungen gefunden, 32 Kühe (18.4 %) wiesen drei und 23 Kühe (13.2 %) vier krankhafte Befunde gleichzeitig auf. Bei vier Tieren (2.3 %) konnten fünf verschiedene Arten von Klauenschäden festgestellt werden, bei zwei Tieren (1.2 %) sogar sechs. Mehr als sechs Klauenschädigungen pro Kuh wurden nicht registriert.



**Abb. 4.** Prävalenz von Klauenläsionen unterteilt nach Rassen.

Die niedrigste Prävalenz von Klauenveränderungen wiesen die Holstein-Friesian-Kühe auf (78.9 %), gefolgt von den Braunviehkühen (85.5 %) und den Rotfleckviehkühen (95.1 %). Bei allen Kühen der übrigen Rassen wurden Klauenveränderungen festgestellt (Abb. 4, Tab. 4).

### 6.1.2. Klauenveränderungen im Einzelnen

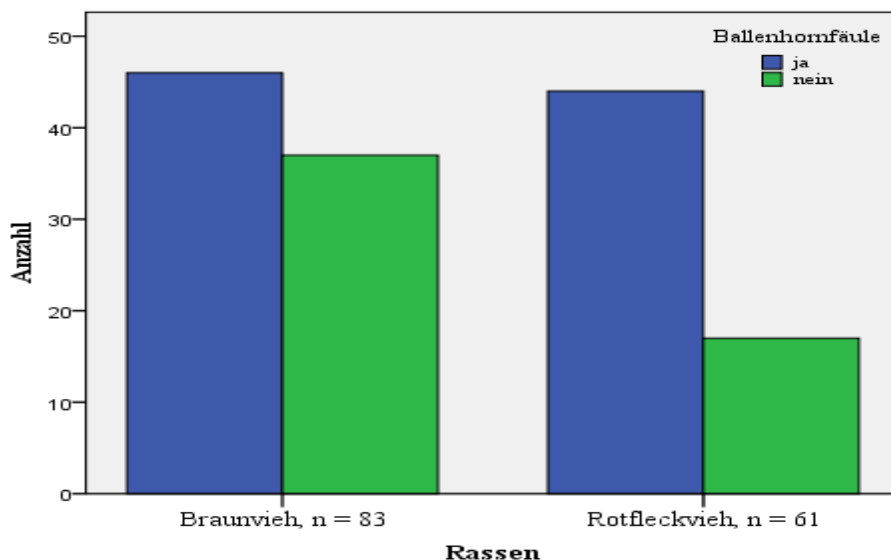
Unter allen festgestellten Veränderungen (Tab. 2) wurde bei den untersuchten Schlachttierklauen die Ballenhornfäule am häufigsten festgestellt, insgesamt bei 110 Kühen (63.2 %). Die Erkrankung kam meist (96.4 %) an beiden Hinterfüßen vor.

Die Kühe der höheren Altersgruppe litten statistisch signifikant häufiger an Ballenhornfäule als die jüngeren Kühe ( $p < 0.01$ ). Von Ballenhornfäule betroffene Tiere wiesen signifikant häufiger eine Dermatitis digitalis auf als nicht betroffene ( $p < 0.01$ ). Mit 72.1 % am häufigsten von Ballenhornfäule befallen waren die Klauen der Kühe der Rasse Rotfleckvieh (Abb. 5, Tab. 4). Im Vergleich mit den Braunviehkühen litten sie signifikant häufiger an dieser Erkrankung ( $p < 0.05$ ).

**Tab. 2** Vorkommen und Häufigkeit von Klauenveränderungen an den Beckengliedmassen von 174 Schlachtkühen (Häufigkeiten absteigend geordnet).

	Anteil der betroffenen Gliedmassen (%)	Beide Hintergliedmassen betroffen (%)	Zusammenhang zu Alter (p < 0.05)	Zusammenhang zu Schlachtgewicht (p < 0.05)
<b>Alle Klauenläsionen</b>	89.1	-	nein	nein
<b>Ballenhornfäule</b>	63.2	96.4	ja	nein
<b>Chronische Klauenrehe</b>	41.4	100.0	ja	nein
<b>URSG</b>	28.2	51.0	ja	nein
<b>Dermatitis digitalis</b>	25.3	84.1	nein	nein
<b>Eitrig-hohle Wand</b>	14.4	48.0	nein	ja
<b>Rollklauen</b>	7.5	84.6	ja	nein
<b>Hyperplasia interdigitalis</b>	6.9	100.0	nein	nein
<b>Sohlenblutung</b>	5.7	60.0	nein	nein
<b>Dermatitis interdigitalis</b>	3.4	100.0	nein	nein
<b>Doppelsohle</b>	2.9	40.0	nein	nein
<b>KRSG</b>	2.3	25.0	nein	nein
<b>Hornkluft</b>	2.3	50.0	nein	nein
<b>Hornsäule</b>	1.7	0	nein	nein
<b>Lose Wand</b>	1.1	50.0	nein	nein
<b>Hornspalt</b>	1.1	100.0	nein	nein
<b>Spreizklauen</b>	0.6	0	nein	nein

URSG = unkompliziertes Rusterholzsches Sohlengeschwür; KRSG = kompliziertes Rusterholzsches Sohlengeschwür.



**Abb. 5.** Vergleich des Vorkommens der Ballenhornfäule bei den Rassen Braunvieh und Rotfleckvieh. Ballenhornfäule beim Rotfleckvieh signifikant häufiger ( $p < 0.05$ ).

Von den 174 Fusspaaren zeigten 72 (41.4 %) Anzeichen für chronische Klauenrehe. Klauenrehe kam ausnahmslos an beiden Hinterfüssen vor. Bei 54.9 % der Tiere waren beide Aussenklauen, bei 43.7 % alle vier Klauen betroffen. Der Anteil der Kühe mit Klauenreheveränderungen war bei den über sieben Jahre alten Tieren signifikant höher als bei den jüngeren ( $p < 0.01$ ). Ebenso bestand ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Klauenrehe und von unkomplizierten bzw. komplizierten Rusterholzschon Sohlengeschwüren ( $p < 0.01$  bzw.  $p < 0.05$ ).

Insgesamt 49 (28.2 %) der erfassten Schlachtkühe wiesen unkomplizierte Rusterholzschon Sohlengeschwüre nach der in Material und Methoden angeführten Definition auf. Bei etwa der Hälfte (51 %) der Tiere traten diese an beiden Hinterbeinen auf.

Die Sohlengeschwüre waren zu 42.9 % nur an einer Aussenklaue und zu 6.1 % nur an einer Innenklaue lokalisiert. In 44.9 % der Fälle traten sie beidseits an den Aussenklauen, jedoch nie beidseits an den Innenklauen auf. Zu 6.1 % waren Aussen- und Innenklauen des gleichen oder des kontralateralen Fusses gleichzeitig betroffen.

Elf Tiere (22.4 %) wiesen gleichzeitig Sohlengeschwüre unterschiedlichen Grades auf, beispielsweise an der linken Aussenklaue ein Sohlengeschwür 3. Grades und an der rechten Aussenklaue ein Sohlengeschwür 2. Grades. Litt ein Tier unter einem Sohlengeschwür

3. Grades, so wies es in jedem Fall auch noch an einer anderen Klaue ein Sohlengeschwür auf.

Unkomplizierte Rusterholzische Sohlengeschwüre kamen bei den älteren Tieren statistisch signifikant häufiger vor als bei den jüngeren ( $p < 0.05$ ). Im Durchschnitt wiesen die an Sohlengeschwüren erkrankten Kühe ein Alter von 87.6 Monaten auf (Tab. 3).

Kühe mit unkomplizierten Rusterholzischen Sohlengeschwüren wiesen im Vergleich zu davon nicht betroffenen vermehrt Doppelsohlen auf ( $p < 0.05$ ) und litten, wie schon erwähnt, vermehrt an Klauenrehe ( $p < 0.01$ ).

**Tab. 3.** Alter der Kühe mit unkomplizierten oder komplizierten Sohlengeschwüren mit bekanntem Alter (Angaben in Monaten).

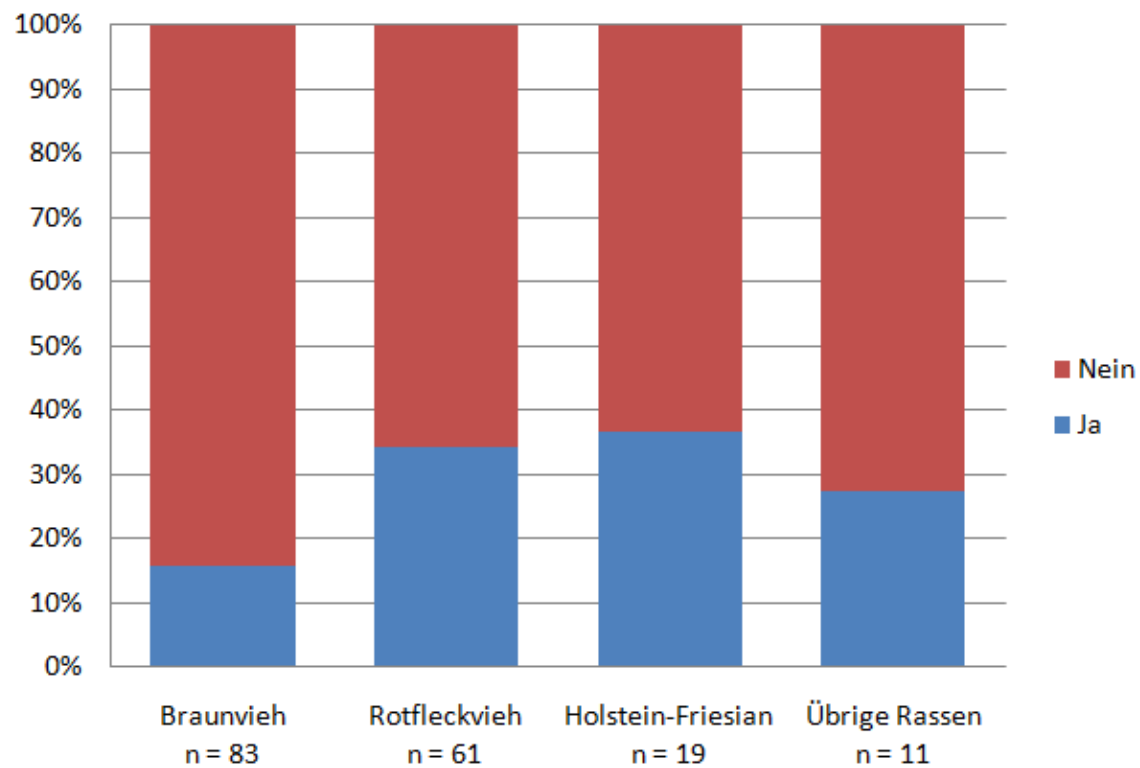
	n	Mittelwert	s	Min.	Max.
Alle Kühe	50	87.6	31.1	30	152
Braunviehkühe	20	85.6	32.3	33	146
Rotfleckviehkühe	20	93.9	29.1	30	150
Holstein-Friesian	6	67.8	24.9	41	115
Übrige Rassen	4	96.0	40.6	55	152

n = Anzahl der Tiere; s = Standardabweichung; Min. = Minimum; Max. = Maximum.

Komplizierte Rusterholzische Sohlengeschwüre traten bei insgesamt vier Tieren (2.3 %) auf. Bei drei Kühen war die Aussenklaue der linken Hintergliedmasse betroffen, bei einer Kuh waren beide Aussenklauen erkrankt. Alle vier betroffenen Fusspaare wiesen zusätzlich Anzeichen für chronische Klauenrehe an sämtlichen vier Klauen oder beidseits an den Aussenklauen auf. Zwei Kühe litten zusätzlich zu dem komplizierten unter einem unkomplizierten Sohlengeschwür an der Aussen- bzw. Innenklaue der kontralateralen Gliedmasse. Ein Fusspaar mit einem komplizierten Rusterholzischen Sohlengeschwür wies zudem hochgradig deformierte Klauen auf.

Bei 44 Kühen (25.3 %) wurde eine Dermatitis digitalis festgestellt, wobei meist (84.1 %) beide Fusspaare betroffen waren. Es bestand ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Dermatitis digitalis einerseits und von Dermatitis interdigitalis ( $p < 0.05$ ) und Ballenhornfäule ( $p < 0.01$ ) andererseits. Dermatitis digitalis wurde beim Rotfleckvieh (34.4 %) und bei der Rasse Holstein-Friesian (36.8 %) signifikant häufiger

gefunden als beim Braunvieh (15.7 %; jeweils  $p < 0.05$ ; Abb. 6). Es bestand kein positiver Zusammenhang zwischen der Häufigkeit von Dermatitis digitalis und dem Alter der Tiere.



**Abb. 6.** Prävalenz der Dermatitis digitalis bei den verschiedenen Rassen.

Eine eitrig-hohle Wand konnte bei 25 Kühen (14.4 %) festgestellt werden. Sie kam in 13 Fällen einseitig, in 12 Fällen beidseitig vor, wobei sie 11mal beidseits an den Aussenklauen auftrat. Insgesamt 35mal traten eitrig-hohle Wände an den Aussenklauen und nur zweimal an den Innenklauen auf. Bei den älteren Kühen traten eitrig-hohle Wände im Vergleich zu den jüngeren nicht vermehrt auf. Kühe mit einem Schlachtgewicht über 300 kg wiesen signifikant ( $p < 0.01$ ) häufiger eitrig-hohle Wände auf als die leichteren Tiere.



**Tab. 4.** Klauenveränderungen unterteilt nach Rassen (Angaben in %).

	<b>Alle Rassen n = 174</b>	<b>Braunviehkühe n = 83</b>	<b>Rotfleckviehkühe n = 61</b>	<b>Holstein-Friesian n = 19</b>	<b>Übrige Rassen n = 11</b>
<b>Alle Klauenläsionen</b>	89.1	85.5	95.1	78.9	100.0
<b>Ballenhornfäule</b>	63.2	55.4	72.1	63.2	72.7
<b>Chronische Klauenrehe</b>	41.4	38.6	45.9	26.3	54.5
<b>URSG</b>	28.2	22.9	31.1	31.6	45.5
<b>Dermatitis digitalis</b>	25.3	15.7	34.4	36.8	27.3
<b>Eitrig-hohle Wand</b>	14.4	12.0	14.8	15.8	27.3
<b>Rollklauen</b>	7.5	12.0	3.3	5.3	0
<b>Hyperplasia interdigitalis</b>	6.9	2.4	11.5	15.8	0
<b>Sohlenblutung</b>	5.7	6.0	4.9	5.3	9.1
<b>Dermatitis interdigitalis</b>	3.4	1.2	6.6	5.3	0
<b>Doppelsohle</b>	2.9	3.6	3.3	0	0
<b>KRSG</b>	2.3	3.6	1.6	0	0
<b>Hornkluft</b>	2.3	2.4	1.6	5.3	0
<b>Hornsäule</b>	1.7	2.4	1.6	0	0
<b>Lose Wand</b>	1.1	0	1.6	5.3	0
<b>Hornspalt</b>	1.1	0	0	0	18.2
<b>Spreizklauen</b>	0.6	0	1.6	0	0

n = Anzahl der Tiere; URSG = unkompliziertes Rusterholzsches Sohlengeschwür; KRSG = kompliziertes Rusterholzsches Sohlengeschwür.

Rollklauen wurden bei 13 Kühen (7.5 %) festgestellt. Bei sechs Kühen waren alle vier Klauen betroffen, bei drei je die Aussenklauen und bei zwei je die Innenklauen. Bei einer Kuh war nur eine Klaue betroffen und bei einer anderen beide Klauen eines Fusses. Die älteren Kühe wiesen vermehrt Rollklauen auf ( $p < 0.05$ ). Zwölf der erfassten Schlachtkühe (6.9 %) litten an einer Hyperplasia interdigitalis, wobei stets beide Hinterfüsse betroffen waren. Das Vorkommen von Hyperplasia interdigitalis zeigte einen statistisch signifikanten Zusammenhang zu demjenigen von Doppelsohlen ( $p < 0.05$ ).

Diffuse rötliche Verfärbungen im Sohlenhorn (Sohlenblutungen) kamen in zehn Fällen (5.7 %) vor. In fünf Fällen waren beide Aussenklauen betroffen, in vier Fällen jeweils nur eine Klaue. Einmal waren alle vier Klauen betroffen.

Eine Dermatitis interdigitalis trat stets an beiden Hinterfüssen auf. Insgesamt war sie bei sechs Kühen (3.4 %) vorhanden.

Durch Nachschneiden des Sohlenhornes wurden bei fünf Kühen (2.9 %) Doppelsohlen freigelegt. Zweimal traten Doppelsohlen an beiden Hinterfüssen auf. Rinder mit unkomplizierten Rusterholzschens Sohlengeschwüren wiesen vermehrt Doppelsohlen auf ( $p < 0.05$ ). Ein statistisch gesicherter Zusammenhang bestand auch zwischen dem Auftreten von Doppelsohlen und von Hyperplasia interdigitalis ( $p < 0.05$ ).

Bei 2.3 % der Kühe, also insgesamt viermal, trat eine Hornkluft auf, zweimal einseitig, zweimal beidseitig. Hornsäulen waren bei drei Klauen (1.7 %) vorhanden. Ihr Auftreten war stets auf eine Klaue beschränkt. Lose Wände wurden bei zwei Fusspaaren (1.1 %) beobachtet, je einmal einseitig und einmal beidseitig. Eine Kuh wies zusätzlich an der einen Aussenklaue ein kompliziertes, an der anderen ein unkompliziertes Rusterholzsches Sohlengeschwür auf und war beidseitig von Hyperplasia interdigitalis und Doppelsohlen betroffen. In zwei Fällen wurde ein Hornspalt gefunden. Ein Hornspalt trat immer nur an einer Klaue auf. Bei einer der 174 Kühe waren Spreizklauen festzustellen. Es war nur ein Hinterfuss betroffen.

## 6.2. Messungen an den Röntgenaufnahmen

Bei 69 Füßen war das Alter der Kühe, von denen sie stammten, bekannt. Das Durchschnittsalter dieser Kühe betrug 75.9 Monate und entsprach somit dem aller geschlachteten Kühe. Das jüngste Tier war bei der Schlachtung 27 Monate, das älteste 152 Monate alt (Tab. 5).

**Tab. 5.** Alter von 69 der röntgenologisch untersuchten Tiere (Angaben in Monaten).

	n	Mittelwert	s	Min.	Max.
Alle Kühe	69	75.9	32.1	27	152
Kontrollgruppe	25	60.4	27.2	27	132
RSG-1-Gruppe	24	83.5	33.7	30	152
RSG-2-Gruppe	16	87.4	31.8	41	150
RSG-3-Gruppe	4	81.3	20.3	55	103
RSG-Gruppen total	44	84.7	31.5	30	152

n = Anzahl der Tiere; s = Standardabweichung; Min. = Minimum; Max. = Maximum; RSG-1/2/3-Gruppe = Gruppe der Präparate mit Sohlengeschwüren 1./2./3. Grades.

Ebenso wie das Alter konnte auch die Rasse nicht bei allen Präparaten herausgefunden werden. Von 70 Präparaten war die Rassenzugehörigkeit der Kühe bekannt (Tab. 6).

**Tab. 6.** Rassenverteilung von 70 der röntgenologisch untersuchten Tiere.

	n	Braunvieh	Rotfleckvieh	Holstein-Friesian	Übrige
Alle Gruppen	70	36	19	8	7
Kontrollgruppe	25	18	2	5	0
RSG-1-Gruppe	25	5	12	3	5
RSG-2-Gruppe	16	10	4	0	2
RSG-3-Gruppe	4	3	1	0	0
Alle RSG-Gruppen	45	18	17	3	7

n = Anzahl der Tiere; s = Standardabweichung; Min. = Minimum; Max. = Maximum; RSG-1/2/3-Gruppe = Gruppe der Präparate mit Sohlengeschwüren 1./2./3. Grades.

Der Altersunterschied zwischen der Kontrollgruppe und den drei Gruppen der Präparate mit Sohlengeschwüren 1. bis 3. Grades war signifikant ( $p < 0.01$ ).

### 6.2.1. Länge der Röhrbeinkondylen

Die lateralen Röhrbeinkondylen der Kontrollgruppe waren im Mittelwert 3.91 cm lang, die medialen 3.83 cm (Tab. 7). Daraus ergab sich eine durchschnittliche Längendifferenz von 0.08 cm ( $p < 0.01$ ). Die lateralen Kondylen waren bei 20 der 25 Füße länger als die medialen.

**Tab. 7.** Länge der Röhrbeinkondylen bei Kontrollkühen und Kühen mit Rusterholzschem Sohlengeschwür Grad 1 – 3 (Angaben in cm).

Gruppe	Lokalisation	n	Mittelwert	s	Min.	Max.
Kontrollgruppe	lateral	25	3.91	0.22	3.47	4.41
	medial	25	3.83	0.23	3.36	4.31
RSG-1-Gruppe	lateral	25	3.88	0.26	3.39	4.36
	medial	25	3.74	0.23	3.33	4.19
RSG-2-Gruppe	lateral	26	3.93	0.30	3.47	4.49
	medial	26	3.84	0.30	3.36	4.48
RSG-3-Gruppe	lateral	24	3.95	0.22	3.47	4.36
	medial	24	3.82	0.27	3.17	4.22

n = Anzahl der Tiere; s = Standardabweichung; Min. = Minimum; Max. = Maximum; RSG-1/2/3-Gruppe = Gruppe der Präparate mit Sohlengeschwüren 1./2./3. Grades.

Der Längenunterschied zwischen lateralem und medialem Röhrbeinkondylus betrug in der Gruppe mit Sohlengeschwüren 1. Grades 0.14 cm ( $p < 0.01$ ). Bei 23 von 25 Präparaten waren die lateralen Kondylen länger als die medialen, bei einem waren sie von genau gleicher Länge und bei einem war der mediale Kondylus länger.

In der Gruppe mit Sohlengeschwüren 2. Grades wies bei 20 von 26 Füßen der laterale Kondylus eine grössere Länge auf als der mediale.

Die lateralen Röhrbeinkondylen überragten in der Gruppe der Präparate mit Sohlengeschwüren 3. Grades die medialen im Durchschnitt um 0.13 cm ( $p < 0.01$ ). Bei 21 von 24 Füßen waren die lateralen Kondylen länger als die medialen, bei den drei übrigen waren die medialen Kondylen länger als die lateralen.

Die Differenz der Mittelwerte der Länge von lateralem und medialem Kondylus lag über alle Gruppen hinweg betrachtet bei 0.11 cm ( $p < 0.01$ ). Ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Längenunterschied und der Zugehörigkeit zu einer der vier Gruppen konnte nicht festgestellt werden. Der laterale Röhreinkondylus war bei 84 von 100 Füßen länger als der mediale.

### 6.2.2. Fesselbeinlänge

Die lateralen Fesselbeine waren bei den 25 Füßen ohne Klauenveränderungen durchschnittlich 6.21 cm, die medialen 6.06 cm lang (Tab. 8). Dies ergab einen durchschnittlichen Längenunterschied von 0.15 cm ( $p < 0.01$ ). Bei 23 von 25 ausgemessenen Fesselbeinpaaren war das laterale Fesselbein länger als das mediale.

Der durchschnittliche Längenunterschied betrug in der Gruppe der Präparate mit Sohlengeschwüren 1. Grades 0.15 cm ( $p < 0.01$ ). Das laterale Fesselbein war bei 24 von 25 ausgemessenen Füßen länger als das mediale.

Bei 24 von 26 Präparaten mit Sohlengeschwüren 2. Grades war das laterale Fesselbein länger als das mediale. Die durchschnittliche Längendifferenz betrug 0.17 cm ( $p < 0.01$ ).

In der Gruppe mit Sohlengeschwüren 3. Grades betrug die Längendifferenz zwischen lateralem und medialem Fesselbein durchschnittlich 0.18 cm ( $p < 0.01$ ). Von 24 Präparaten wiesen 23 längere laterale Fesselbeine auf.

**Tab. 8.** Fesselbeinlänge bei Kontrollkühen und Kühen mit Rusterholzschem Sohlengeschwür Grad 1 – 3 (Angaben in cm).

Gruppe	Lokalisation	n	Mittelwert	s	Min.	Max.
Kontrollgruppe	lateral	25	6.21	0.30	5.60	6.67
	medial	25	6.06	0.27	5.50	6.52
RSG-1-Gruppe	lateral	25	5.98	0.35	5.26	6.48
	medial	25	5.83	0.34	5.21	6.45
RSG-2-Gruppe	lateral	26	6.09	0.35	5.07	6.67
	medial	26	5.92	0.31	4.95	6.53
RSG-3-Gruppe	lateral	24	6.17	0.36	5.67	6.92
	medial	24	5.99	0.38	5.40	6.83

n = Anzahl der Tiere; s = Standardabweichung; Min. = Minimum; Max. = Maximum; RSG-1/2/3-Gruppe = Gruppe der Präparate mit Sohlengeschwüren 1./2./3. Grades.

Die durchschnittliche Längendifferenz zwischen lateralem und medialem Fesselbein, über alle Gruppen hinweg betrachtet, betrug 0.16 cm ( $p < 0.01$ ). Bei 94 von 100 Zehen war das laterale Fesselbein länger als das mediale.

Es konnte keine statistisch signifikante Korrelation zwischen der Gruppenzugehörigkeit (Kontrollgruppe, Sohlengeschwüre 1.-3. Grades) und dem Längenunterschied zwischen lateralem und medialem Fesselbein festgestellt werden.

### 6.2.3. Kronbeinlänge

Das laterale Kronbein wies bei der Kontrollgruppe im Mittelwert eine Länge von 4.49 cm auf, das mediale eine solche von 4.39 cm (Tab. 9). Dies ergab einen durchschnittlichen Längenunterschied von 0.10 cm ( $p < 0.01$ ). Die Länge des Kronbeins war bei 22 von 25 Einzelfüssen lateral grösser als medial.

Die Längendifferenz zwischen lateralem und medialem Kronbein in der Gruppe der Präparate mit Sohlengeschwüren 1. Grades betrug 0.05 cm ( $p < 0.01$ ). Von 25 Präparaten wiesen 20 ein längeres laterales Kronbein auf, fünf ein längeres mediales.

**Tab. 9.** Kronbeinlänge bei Kontrollkühen und Kühen mit Rusterholzschem Sohlengeschwür Grad 1 – 3 (Angaben in cm).

Gruppe	Lokalisation	n	Mittelwert	s	Min.	Max.
Kontrollgruppe	lateral	25	4.49	0.23	4.06	4.98
	medial	25	4.39	0.28	3.66	4.96
RSG-1-Gruppe	lateral	25	4.22	0.26	3.77	4.63
	medial	25	4.17	0.25	3.67	4.55
RSG-2-Gruppe	lateral	26	4.38	0.28	3.92	4.79
	medial	26	4.33	0.25	3.94	4.66
RSG-3-Gruppe	lateral	24	4.41	0.30	4.05	4.92
	medial	24	4.38	0.29	3.97	4.95

n = Anzahl der Tiere; s = Standardabweichung; Min. = Minimum; Max. = Maximum; RSG-1/2/3-Gruppe = Gruppe der Präparate mit Sohlengeschwüren 1./2./3. Grades.

Das laterale Kronbein war bei der Gruppe der Präparate mit Sohlengeschwüren 2. Grades im Mittelwert 0.05 cm länger als das mediale ( $p < 0.01$ ). Bei 20 von 26 Einzelfüssen war das laterale Kronbein länger als das mediale.

Der Längenunterschied zwischen lateral und medial betrug bei den Kronbeinen der Gruppe mit Sohlengeschwüren 3. Grades im Mittel 0.03 cm und war damit nicht statistisch signifikant ( $p = 0.098$ ). Die lateralen Kronbeine überragten die medialen in dieser Gruppe bei 16/24 der Präparate, bei 7/24 waren die medialen länger, bei 1/24 wiesen sie die gleiche Länge auf.

Über alle vier Gruppen hinweg betrachtet betrug der durchschnittliche Längenunterschied zwischen lateralem und medialem Kronbein 0.06 cm ( $p < 0.01$ ). Die lateralen Kronbeine waren zu 78 % länger als die medialen. Ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Gruppenzugehörigkeit (Kontrollgruppe, Sohlengeschwüre 1.-3. Grades) und dem Längenunterschied konnte nicht festgestellt werden.

#### 6.2.4. Klauenbeinlänge

Das mediale Klauenbein wies in der Kontrollgruppe im Schnitt eine Länge von 5.26 cm auf, das laterale eine solche von 5.10 cm (Tab. 10). Der durchschnittliche Längenunterschied betrug 0.16 cm und war statistisch signifikant ( $p < 0.01$ ). Das mediale Klauenbein war bei 22 von 25 Präparaten der Kontrollgruppe länger als das laterale, bei 3 von 25 Präparaten war das laterale länger.

Bei den Klauenbeinen der Gruppe mit Sohlengeschwüren 1. Grades ergab sich eine statistisch nicht signifikante Längendifferenz von 0.03 cm ( $p = 0.495$ ). Bei 15 von 25 Präparaten wiesen die medialen Klauenbeine eine grössere Länge auf, bei 9 von 25 die lateralen. In einem Fall entsprach die mediale Länge exakt der lateralen.

**Tab. 10.** Klauenbeinlänge bei Kontrollkühen und Kühen mit Rusterholzschem Sohlengeschwür Grad 1 – 3 (Angaben in cm).

Gruppe	Lokalisation	n	Mittelwert	s	Min.	Max.
Kontrollgruppe	lateral	25	5.10	0.31	4.60	5.85
	medial	25	5.26	0.31	4.61	6.01
RSG-1-Gruppe	lateral	25	5.28	0.43	4.66	6.21
	medial	25	5.31	0.32	4.71	5.91
RSG-2-Gruppe	lateral	26	5.37	0.37	4.57	5.90
	medial	26	5.45	0.35	4.62	6.10
RSG-3-Gruppe	lateral	24	5.29	0.33	4.68	5.82
	medial	24	5.44	0.28	4.85	6.03

n = Anzahl der Tiere; s = Standardabweichung; Min. = Minimum; Max. = Maximum; RSG-1/2/3-Gruppe = Gruppe der Präparate mit Sohlengeschwüren 1./2./3. Grades.

Der Längenunterschied machte bei den Klauenbeinen in der Gruppe der Präparate mit Sohlengeschwüren 2. Grades 0.08 cm aus und war damit statistisch nicht signifikant ( $p = 0.179$ ). Bei insgesamt 26 ausgemessenen Präparaten überragten in 20 Fällen die medialen Klauenbeine die lateralen.

In der Gruppe mit Sohlengeschwüren 3. Grades war bei nur 4 von 24 Einzelfüssen das laterale Klauenbein länger als das mediale, in einem Fall waren sie gleich lang, und bei 19 von 24 Füßen war das mediale Klauenbein länger. Aus den Messungen ergab sich, dass das mediale Klauenbein durchschnittlich 0.15 cm länger war als das laterale, wobei sich eine Signifikanz ergab ( $p < 0.01$ ).

Der Längenunterschied aller vier Gruppen lag im Mittelwert bei 0.10 cm ( $p < 0.01$ ). Die medialen Klauenbeine waren bei 76 von 100 Füßen länger als die lateralen. In Bezug auf das Klauenbein konnte keine statistisch signifikante Korrelation zwischen der Längendifferenz und der Gruppenzugehörigkeit ausgemacht werden. Auffallend war jedoch, dass das mediale Klauenbein nur in der Kontrollgruppe signifikant länger als das laterale war und bei keiner der Untersuchungsgruppen. Bei den Sohlengeschwüren dritten Grades war jedoch eine Tendenz zum längeren medialen Klauenbein abzulesen.

#### **6.2.5. Gesamtlänge 1**

Die Gesamtlänge 1 betrug in der Kontrollgruppe an der lateralen Zehe im Mittelwert 14.70 cm und an der medialen 14.45 cm (Tab. 11). Dies ergab einen Längenunterschied von 0.25 cm ( $p < 0.01$ ). Bei 24/25 der Präparate war die Gesamtlänge 1 der lateralen Zehe länger (um durchschnittlich 0.28 cm), bei einem Präparat war die Gesamtlänge 1 der medialen Zehe länger (um 0.20 cm).

Bei den Präparaten mit Sohlengeschwüren 1. Grades betrug die Differenz in der Gesamtlänge 1 zwischen der lateralen und der medialen Zehe durchschnittlich 0.29 cm ( $p < 0.01$ ). Bei allen 25 vermessenen Einzelfüssen war die Gesamtlänge der lateralen Zehe grösser als die der medialen.

In der Gruppe mit Sohlengeschwüren 2. Grades bestand ein durchschnittlicher Längenunterschied von 0.27 cm ( $p < 0.01$ ). Die Gesamtlänge 1 der lateralen Zehen war zu 25/26 länger als die der medialen, nur einmal war die mediale Zehe länger als die laterale. Der Längenunterschied der Präparate mit einer längeren lateralen Zehe betrug im Mittelwert 0.28 cm.



Der Längenunterschied zwischen lateral und medial betrug beim Präparat mit einer längeren medialen Zehe 0.11 cm.

**Tab. 11.** Gesamtlänge 1 der lateralen und medialen Zehen bei Kontrollkühen und Kühen mit Rusterholzschem Sohlengeschwür Grad 1 – 3 (Angaben in cm).

Gruppe	Lokalisation	n	Mittelwert	s	Min.	Max.
Kontrollgruppe	lateral	25	14.70	0.63	13.55	15.84
	medial	25	14.45	0.63	13.39	15.64
RSG-1-Gruppe	lateral	25	14.20	0.79	12.64	15.34
	medial	25	13.91	0.78	12.46	15.00
RSG-2-Gruppe	lateral	26	14.52	0.75	13.52	16.06
	medial	26	14.25	0.67	13.44	15.62
RSG-3-Gruppe	lateral	24	14.61	0.80	13.51	16.00
	medial	24	14.31	0.84	13.08	15.92

n = Anzahl der Tiere; s = Standardabweichung; Min. = Minimum; Max. = Maximum; RSG-1/2/3-Gruppe = Gruppe der Präparate mit Sohlengeschwüren 1./2./3. Grades.

Die Gesamtlänge 1 der lateralen Zehe war bei allen Präparaten mit Sohlengeschwüren 3. Grades grösser als diejenige der medialen, wobei der Längenunterschied im Mittelwert 0.30 cm betrug ( $p < 0.01$ ).

Die Differenz in der Gesamtlänge 1 zwischen lateraler und medialer Zehe lag bei Einbezug aller vier Gruppen bei 0.28 cm ( $p < 0.01$ ). Die Differenz bei einer längeren lateralen Zehe lag bei 0.29 cm, bei einer längeren medialen bei 0.16 cm. Zu 98 % waren die lateralen Zehen länger. Es ergab sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Längenunterschied und der Gruppenzugehörigkeit.

#### 6.2.6. Gesamtlänge 2

Die Gesamtlänge 2 der Kontrollgruppe wies an der lateralen Zehe eine durchschnittliche Länge von 19.87 cm auf, an der medialen eine solche von 19.79 cm (Tab. 12). Der Unterschied in der Länge betrug somit 0.08 cm und war statistisch nicht signifikant ( $p = 0.146$ ). Die Gesamtlänge 2 an der lateralen Zehe war zu 14/25 länger als die an der medialen mit einem durchschnittlichen Längenunterschied von 0.26 cm, die Gesamtlänge 2 an der medialen war zu 9/25 länger mit einem durchschnittlichen Längenunterschied von 0.18 cm. Zu 2/25 wiesen die laterale und mediale Zehe die gleiche Gesamtlänge auf.

**Tab.12.** Gesamtlänge 2 bei Kontrollkühen und Kühen mit Rusterholzschem Sohlengeschwür Grad 1 – 3 (Angaben in cm).

Gruppe	Lokalisation	n	Mittelwert	s	Min.	Max.
Kontrollgruppe	lateral	25	19.87	0.79	18.48	21.32
	medial	25	19.79	0.73	18.52	21.37
RSG-1-Gruppe	lateral	25	19.59	1.00	17.83	21.21
	medial	25	19.32	1.00	17.67	20.98
RSG-2-Gruppe	lateral	26	19.95	0.97	18.27	21.86
	medial	26	19.78	0.89	18.19	21.56
RSG-3-Gruppe	lateral	24	19.96	0.96	18.36	21.75
	medial	24	19.84	1.00	18.18	21.86

n = Anzahl der Tiere; s = Standardabweichung; Min. = Minimum; Max. = Maximum; RSG-1/2/3-Gruppe = Gruppe der Präparate mit Sohlengeschwüren 1./2./3. Grades.

Die Gesamtlänge 2 war bei 21/25 der Einzelfüsse der Gruppe mit Sohlengeschwüren 1. Grades an der lateralen Zehe länger als an der medialen, diejenige an der medialen demgegenüber bei 4/25 der Einzelfüsse. Zwischen der Gesamtlänge 2 der lateralen und der medialen Zehe wurde im Durchschnitt eine Längendifferenz von 0.27 cm gemessen ( $p < 0.01$ ). Wurde alleine der Längenunterschied bei den Präparaten mit einer längeren lateralen Zehe berechnet, so ergab sich ein Wert von 0.35 cm, bei den Präparaten mit einer längeren medialen Zehe 0.14 cm.

Die Längendifferenz zwischen der lateralen und der medialen Zehe betrug in der Gruppe der Präparate mit Sohlengeschwüren 2. Grades 0.17 cm ( $p < 0.01$ ). Bei 21/26 der Einzelfüsse war die Gesamtlänge 2 der lateralen Zehe grösser als die der medialen, und zwar um durchschnittlich 0.26 cm. Bei den vier Einzelfüssen mit einer längeren medialen Zehe betrug dieser Wert 0.25 cm.

Bei den Präparaten mit Sohlengeschwüren 3. Grades bestand ein durchschnittlicher Unterschied von 0.12 cm. Der Längenunterschied war statistisch nicht signifikant ( $p = 0.063$ ). Die Gesamtlänge 2 der lateralen Zehe überragte diejenige der medialen in 14/24 der Präparate durchschnittlich um 0.32 cm; die Gesamtlänge 2 der medialen Zehe überragte diejenige der lateralen in 9/24 der Präparate durchschnittlich um 0.17 cm.

Durchschnittlich bestand zwischen der Gesamtlänge 2 der lateralen und der medialen Zehe ein Längenunterschied von 0.16 cm ( $p < 0.01$ ). Der Unterschied bei einer längeren lateralen

Zehe lag bei 0.30 cm, bei einer längeren medialen bei 0.18 cm. Bei 70 % der Präparate waren die lateralen Zehen länger. In Bezug auf die Gesamtlänge 2 konnte zwischen der Kontrollgruppe und der Gruppe der Sohlengeschwüre 1. Grades ein statistisch signifikanter Unterschied festgestellt werden ( $p = 0.014$ ), nicht jedoch zwischen der Kontrollgruppe und den beiden anderen Gruppen. Der Vergleich zwischen der Kontrollgruppe und den drei Gruppen der Sohlengeschwüre zusammengekommen erbrachte ebenso wenig einen statistisch signifikanten Unterschied wie der Vergleich der einzelnen Gruppen untereinander.

### 6.2.7. Gesamtlänge 3

Durchschnittlich wiesen die Einzelfüße der Kontrollgruppe an der lateralen Zehe eine Gesamtlänge 3 von 19.70 cm auf, an der medialen eine solche von 19.54 cm (Tab. 13). Dies ergab einen durchschnittlichen Längenunterschied von 0.16 cm ( $p < 0.01$ ). Die Gesamtlänge 3 der lateralen Zehe war bei 19 von 25 der Präparate länger als die der medialen, bei 6 Füßen war das Verhältnis umgekehrt. Bei den 19 Einzelfüßen mit einer längeren lateralen Zehe betrug die Längendifferenz im Mittelwert 0.26 cm, bei den 6 Einzelfüßen mit einer längeren medialen Zehe 0.15 cm.

Die durchschnittliche Längendifferenz zwischen der lateralen und der medialen Zehe betrug in der Gruppe mit Sohlengeschwüren 1. Grades 0.30 cm ( $p < 0.01$ ). An der lateralen Zehe war die Gesamtlänge 3 bei 21 von 25 Präparaten länger, im Mittelwert um 0.38 cm, an der medialen bei vier Füßen, im Mittelwert um 0.11 cm.

**Tab. 13.** Gesamtlänge 3 bei Kontrollkühen und Kühen mit Rusterholzschem Sohlengeschwür Grad 1 – 3 (Angaben in cm).

Gruppe	Lokalisation	n	Mittelwert	s	Min.	Max.
Kontrollgruppe	lateral	25	19.70	0.78	18.34	21.08
	medial	25	19.54	0.73	18.19	21.11
RSG-1-Gruppe	lateral	25	19.35	1.01	17.52	20.97
	medial	25	19.05	0.99	17.45	20.68
RSG-2-Gruppe	lateral	26	19.81	0.95	18.04	21.68
	medial	26	19.53	0.89	17.99	21.41
RSG-3-Gruppe	lateral	24	19.82	0.98	18.26	21.56
	medial	24	19.62	1.01	17.98	21.74

n = Anzahl der Tiere; s = Standardabweichung; Min. = Minimum; Max. = Maximum; RSG-1/2/3-Gruppe = Gruppe der Präparate mit Sohlengeschwüren 1./2./3. Grades.

Bei 20 von 26 Präparaten mit Sohlengeschwüren 2. Grades war die Gesamtlänge 3 der lateralen Zehe mit einem Durchschnittswert von 0.41 cm länger als die der medialen, in 1/26 waren sie gleich lang, in 5/26 war die Gesamtlänge 3 der medialen Zehe mit einem Durchschnittswert von 0.16 cm länger. Die laterale Zehe war im Mittelwert 0.28 cm länger als die mediale ( $p < 0.01$ ).

In der Gruppe mit Sohlengeschwüren 3. Grades war die Gesamtlänge 3 der lateralen Zehe im Durchschnitt um 0.20 cm grösser als die der medialen ( $p < 0.01$ ). In 17/24 der Fälle war die Gesamtlänge 3 der lateralen Zehe grösser als die der medialen, in 7/24 der Fälle war das Verhältnis umgekehrt. Der Längenunterschied betrug bezogen auf die Einzelfüsse mit einer längeren lateralen Zehe durchschnittlich 0.32 cm, bezogen auf die Einzelfüsse mit einer längeren medialen Zehe durchschnittlich 0.11 cm.

Über die vier Gruppen betrachtet ergab sich in der Gesamtlänge 3 im Mittelwert ein Längenunterschied von 0.23 cm ( $p < 0.01$ ). Zu 77 % waren die lateralen Zehen länger. Es konnte zwischen der Kontrollgruppe und der Gruppe der Sohlengeschwüre 1. Grades ein annähernd statistisch signifikanter Unterschied festgestellt werden ( $p = 0.059$ ). Davon abgesehen war kein statistisch gesicherter Zusammenhang zwischen der Zugehörigkeit zu den vier Gruppen und der Längendifferenz ersichtlich.

Das Verhältnis der Längendominanz zwischen der lateralen und der medialen Seite war im Vergleich der verschiedenen Gruppen relativ einheitlich. Bei der Kontrollgruppe war die Gesamtlänge 3 der medialen Zehe bei 6 von 25 Präparaten grösser als die der lateralen Zehe, bei den Gruppen mit Sohlengeschwüren war dies bei 4/25, 5/26 bzw. 7/24 der Präparate der Fall.

## 7. Diskussion

### 7.1. Prävalenz von Klauenerkrankungen bei Schlachtkühen

Das Durchschnittsalter der Schlachtkühe der vorliegenden Untersuchung lag bei 6.3 Jahren, ebenso wie das der geröntgten Tiere. Holstein-Friesian-Kühe wurden am frühesten, mit etwa 5.3 Jahren, geschlachtet, Braunviehkühe mit 6.4 Jahren und Rotfleckviehkühe und die Kühe der „übrigen Rassen“ erst mit 6.5 Jahren. Obwohl vorwiegend ältere Tiere geschlachtet wurden, was von anderen Autoren ebenso beschrieben worden war (Stevenson and Lean, 1998; Hultgren et al., 2004; Thomsen et al., 2004; Waldner et al., 2009; De Vries et al., 2010), ergaben sich aus der vorliegenden Untersuchung auch die genannten Rasseunterschiede. Holstein-Friesian-Kühe wurden früher geschlachtet als die anderen Rassen.

Insgesamt wiesen fast 90 % der untersuchten Fusspaare der Kühe der vorliegenden Untersuchung Klauenveränderungen auf. Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass Schlachtkühe im Vergleich zur Lebendpopulation der Milchkühe vermehrt Klauenerkrankungen aufweisen, da Lahmheiten das Risiko einer Milchkuh, aus dem Betrieb auszuschneiden, erhöhen (Tranter and Morris, 1991; Booth et al., 2004; Bicalho et al., 2007; Cramer et al., 2009). Aber auch im Vergleich zu früheren Untersuchungen an den Klauen von Schlachtkühen in Schweden (Andersson and Lundström, 1981) und England (Prentice and Neal, 1972) wurde in der vorliegenden Arbeit eine hohe Prävalenz von Klauenläsionen gefunden. So waren den Resultaten der genannten älteren Publikationen zufolge immerhin 25.9 % bzw. 24 % der Kühe frei von Läsionen, während der betreffende Anteil in der vorliegenden Untersuchung nur 10.9 % betrug. Dies spricht für die Beobachtung, dass in den letzten Jahren die Prävalenz von Klauenerkrankungen insgesamt und speziell auch in der Schweiz zugenommen hat.

Die Prävalenz von Klauenläsionen bei lebenden Milchkühen variiert im Vergleich verschiedener Studien stark. Manske et al. (2002) nannten eine Prävalenz von 72 % für Schweden und Sogstad et al. (2005) in einer norwegischen Studie Prävalenzen in der Anbindehaltung von 47.8 % und in der Freilaufhaltung von 71.8 %. In Laufstallsystemen in Kanada wurden Prävalenzen von 46.4 %, in Anbindehaltungen dagegen von 25.7 % gefunden (Cramer et al., 2008). Die Unterschiede zur vorliegenden Untersuchung sind damit nicht allzu gross und dürften in der je nach Studie unterschiedlichen Auswahl der Diagnosen, der Tiere und in verschiedenen Haltungs- und Umweltbedingungen begründet sein. Insgesamt gesehen werden aber die negativen Auswirkungen von Laufställen auf die Klauengesundheit sichtbar. Die Prävalenzen von

Klauenschäden scheinen sich mit der Freilaufhaltung in etwa zu verdoppeln. Die Tiergerechtigkeit dieser Haltungs- und Managementsysteme hinsichtlich der Klauengesundheit wird damit in Frage gestellt.

Zwischen einem höheren Schlachtgewicht und einer höheren Prävalenz von Klauenerkrankungen konnte in der vorliegenden Untersuchung keine statistisch signifikante Korrelation gefunden werden. Möglicherweise weisen schwerere Kühe tatsächlich nicht vermehrt Klauenerkrankungen auf als leichtere. Oder schwerere Kühe leiden durch ihr Körpergewicht häufiger an Klauenerkrankungen (Fjeldaas et al., 2007), magern aber aufgrund der Klauenerkrankungen ab und erzielen bei der Schlachtung ein tiefes Schlachtgewicht.

Ballenhornfäule war die in der vorliegenden Untersuchung mit Abstand am häufigsten festgestellte Klauenveränderung (63.2 % der Kühe). Ältere Untersuchungen (Andersson and Lundström, 1981) fanden nur bei 17 % der Schlachtkühe Ballenhornfäule. Eine Studie an lebenden Schweizer Milchkühen erbrachte mit 13.6 % ebenfalls eine viel tiefere Prävalenz (Bielfeldt et al., 2005). In jüngeren Untersuchungen an lebenden Kühen wurden hohe Prävalenzen gefunden, allerdings teilweise mit grossen Unterschieden von Betrieb zu Betrieb (Philipot et al., 1994; Manske et al., 2002). Als Erklärung für die Unterschiede wurden differierende Hygienebedingungen sowie die unterschiedliche Exponiertheit für Feuchtigkeit und Mist genannt (Enevoldsen et al., 1991a; Landerer, 1999; Manske et al., 2002). Allerdings waren hinsichtlich Ballenhornfäule keine Unterschiede zwischen einer Anbindehaltung und Laufstallsystemen festzustellen (Cramer et al., 2008), was auf gleich(e) (schlechte) Hygienebedingungen in derzeitigen Milchviehhaltungen hinweist.

Ballenhornfäule ist in der Regel nur schwach mit einer Lahmheit assoziiert (Philipot et al., 1994; Tadich et al., 2010), weswegen keine Korrelation zwischen dieser Erkrankung und dem Abgang aus dem Betrieb bestehen sollte (Cramer et al., 2008). Allerdings war die Prävalenz von Ballenhornfäule in der vorliegenden Untersuchung im Vergleich zur Untersuchung von Bielfeldt et al. (2005) deutlich höher, was entweder auf einen Anstieg der Veränderungen in der Schweiz in den letzten Jahren oder unterschiedliche Kriterien bei der Beurteilung der Läsionen zurückzuführen sein kann.

Der in der vorliegenden Untersuchung gefundene Zusammenhang zwischen Ballenhornfäule und Dermatitis digitalis steht in Übereinstimmung mit der Literatur (Enevoldsen et al., 1991a; Manske et al., 2002; Tadich et al., 2010) und dürfte auf gleiche prädisponierende Faktoren zurückzuführen sein. Ballenhornfäule gehört zum Dermatitis-digitalis-Komplex und tritt

deswegen vermehrt in der Laufstallhaltung auf (Nuss and Steiner, 2004). Auch der Zusammenhang des Auftretens der Ballenhornfäule mit dem Alter bestätigte die Resultate früherer Studien (Enevoldsen et al., 1991a; Fjeldaas et al., 2007): Je älter eine Kuh, desto höher war das Risiko, an Ballenhornfäule zu erkranken.

Der Umstand, dass Braunviehkühe weniger häufig von Ballenhornfäule betroffen waren als Kühe der Rassen Rotfleckvieh und Holstein-Friesian kann durch die bei Braunviehkühen noch öfter vorhandene Anbindehaltung und eventuell bessere Hygienebedingungen in kleineren Betrieben erklärt werden.

Am zweithäufigsten (41.4 %) wurde in der vorliegenden Untersuchung die chronische Klauenrehe vorgefunden. Sie war stets an beiden Hinterfüssen zu sehen. Auffallend war, dass bei 54.9 % der betroffenen Kühe nur die beiden Aussenklauen, nicht aber die Innenklauen betroffen waren. Die Prädisposition der Aussenklauen für Klauenrehe (Toussaint Raven, 1989) wurde dadurch erneut belegt. Dieser Befund entspricht nicht der Definition der Klauenrehe als systemisch bedingter Erkrankung, die eigentlich alle Klauen einer Gliedmasse betreffen müsste. Eine Erklärung hierfür könnte in der vermehrten Belastung der lateralen Klaue liegen, die wiederum auf ihre grössere Zehenlänge zurück zu führen sein könnte. Diese vermehrte Belastung der Aussenklaue könnte in einer sogenannten Überlastungsrehe, die beim Pferd in früheren Zeiten eine grosse Rolle spielte, resultieren. Da die anderen Klauen keine oder sehr viel geringere Reheveränderungen aufwiesen, kann man davon ausgehen, dass die Klauenrehe beim Rind eine starke mechanische Komponente aufweist. Dieser Befund unterstützt die vielfach gemachte Beobachtung, dass die Aussenklauen der Beckengliedmassen für mechanisch-traumatische Erkrankungen prädisponiert sind.

Bei mehr als einem Viertel der Tiere (28.2 %) der vorliegenden Untersuchung wurden unkomplizierte Rusterholzsche Sohlengeschwüre festgestellt. Diese Kühe wiesen ein Durchschnittsalter von 7.1 Jahren auf und lagen damit über dem Mittelwert aller Tiere. Bei Schlachtkühen, die älter als sieben Jahre waren, betrug die Prävalenz der Pododermatitis circumscripta 37.8 % (Andersson and Lundström, 1981). Der in der eigenen Untersuchung festgestellte statistisch signifikante Zusammenhang zwischen einem höheren Alter und dem Auftreten von Sohlengeschwüren stimmt mit der Literatur überein (Barker et al., 2009). Bei älteren Kühen traten auch anderen Untersuchungen zufolge vermehrt Klauenerkrankungen auf (Landerer, 1999; Bielfeldt et al., 2005; Fjeldaas et al., 2007). Die in der Literatur gefundenen Prävalenzen bei lebenden Milchkühen waren allerdings deutlich tiefer. In einer nordamerikanischen Studie betrug die Prävalenz von Sohlengeschwüren und eitrig-hohlen Wänden

zusammengenommen 23.3 % (Bicalho et al., 2007). Andere Untersuchungen kamen auf Prävalenzen von Sohlengeschwüren von 13.6 % (Russell et al., 1982), 5 % (Philipot et al., 1994), 6 % (Capon et al., 2008), 4.7 % in Anbindehaltung bzw. 9.3 % in Freilaufhaltung (Cramer et al., 2008), 5.2 % in Anbindehaltung bzw. 7.6 % in Freilaufhaltung (Kujala et al., 2009). Der hohe Prozentsatz an Sohlengeschwüren in der vorliegenden Untersuchung hängt einerseits mit der in Material und Methode beschriebenen Definition zusammen, in der Sohlenverfärbungen ohne Freilegung der Lederhaut an der typischen Stelle schon zu den Sohlengeschwüren gerechnet wurden. Ein weiterer Grund für die hohe Prävalenz von Sohlengeschwüren bei Schlachtkühen dürfte sein, dass sie im Vergleich zu anderen Klauenläsionen lahmheitsverursachend sind (Murray et al., 1996; Sprecher et al., 1997; Manske et al., 2002; Flower et al., 2005; Sogstad et al., 2005; Capion et al., 2008; Chapinal et al., 2009; Tadich et al., 2010) und daher ein bedeutendes Abgangsrisiko darstellen (Booth et al., 2004; Cramer et al., 2009). Ein anderes Resultat erbrachten die Untersuchungen von Hultgren et al. (2004), die keinen Zusammenhang zwischen Sohlengeschwüren und einem erhöhten Abgangsrisiko feststellen konnten. Der Befund, dass Sohlengeschwüre erst bei überdurchschnittlich alten Schlachtkühen vorhanden waren, lässt darauf schliessen, dass bei jungen Tieren andere Ursachen zum Entscheid für eine Schlachtung den Ausschlag gaben, wohingegen Sohlengeschwüre bei älteren Tieren vermutlich von Bedeutung für diesen Entscheid waren.

Das häufige gemeinsame Auftreten von Sohlengeschwüren und Doppelsohlen steht in Übereinstimmung mit der Literatur (Manske et al., 2002; Capion et al., 2008; Tadich et al., 2010). Eine gemeinsame Ätiologie, möglicherweise im Zusammenhang mit einer zugrunde liegenden Klauenrehe, wird vermutet (Manske et al., 2002). Dass die Entstehung von Sohlengeschwüren durch Klauenrehe gefördert wird (Lischer et al., 2002; Vermunt, 2007), legt auch der in dieser Untersuchung festgestellte statistisch signifikante Zusammenhang zwischen unkomplizierten und komplizierten Sohlengeschwüren und Klauenrehe nahe.

Die hohe Prävalenz von Dermatitis digitalis (25.3 %) bei den Schlachtkühen der vorliegenden Untersuchung bestätigt, dass diese Erkrankung heutzutage auch in der Schweiz ein ernstes Problem darstellt. Es scheint, dass ebenso hohe Prävalenzen wie in den USA und in den Niederlanden (Brown et al., 2000; Somers et al., 2005; Holzhauer et al., 2006; Cramer et al., 2008) erreicht werden. Auch in Schweden finden sich Prävalenzen von 27 % (Manske et al., 2002). In Norwegen scheint die Erkrankung bis jetzt praktisch nicht vorzukommen (Sogstad et al., 2005; Fjeldaas et al., 2007). Die Dermatitis digitalis scheint kein erhöhtes Abgangsrisiko aus dem Betrieb zur Folge zu haben (Booth et al., 2004; Cramer et al., 2008), daher dürften



die Prävalenzen von Schlachtkühen diejenigen von lebenden Milchkühen widerspiegeln. Es bestand in der vorliegenden Arbeit kein Zusammenhang zwischen Dermatitis digitalis und dem Alter der Tiere. In der Literatur wird darauf hingewiesen, dass jüngere Kühe, insbesondere Primipare, infolge geringerer Immunkompetenz ein höheres Erkrankungsrisiko aufweisen als ältere (Somers et al., 2005; Holzhauer et al., 2008). Bei jungen Tieren könnte daher die Prävalenz noch höher sein als bei den relativ alten Schlachttieren der vorliegenden Untersuchung.

Dass Dermatitis digitalis bei der Rasse Braunvieh signifikant weniger häufig vorkam als bei den übrigen Rassen ( $p < 0.05$ ), könnte mit unterschiedlichen Haltungs- und Umweltbedingungen in Zusammenhang stehen. Faktoren wie Bodenbeschaffenheit, Fütterung, Häufigkeit von Klauenpflege und Weidemanagement haben nachgewiesenermassen Einfluss auf die Prävalenz von Dermatitis digitalis (Luginbühl and Kollbrunner, 2000; Somers et al., 2005; Barker et al., 2009).

Die eitrig-hohle Wand wurde in der vorliegenden Untersuchung deutlich weniger häufig beobachtet als Rusterholzschne Sohlengeschwüre (14.4 %). Auch für diese Erkrankung wurden bereits leichte Veränderungen im Bereich der weissen Linie als krankhaft gewertet. Dadurch kann die hohe Prävalenz zumindest teilweise erklärt werden. Die eitrig-hohle Wand kam bei älteren Tieren nicht häufiger als bei jüngeren vor. Abweichend von den vorliegenden Resultaten beschreiben Barker et al. (2009) eine Zunahme mit dem Alter. Die eitrig-hohle Wand wurde in der eigenen Untersuchung nahezu in der Hälfte der vorliegenden Fälle (11/25) beidseits an den Aussenklauen gefunden, was auf eine mechanisch-traumatische Komponente wie beim Rusterholzschne Sohlengeschwür und eventuell eine Prädisposition bestimmter Kühe für diese Erkrankung hinweist. Für eine mechanisch-traumatische Komponente spricht auch das statistisch signifikant häufigere Auftreten von eitrig-hohlen Wänden bei Kühen mit einem Schlachtgewicht über 300 kg.

Sohlenblutungen traten in der vorliegenden Untersuchung mit 5.7 % weit weniger häufig auf als in vergleichbaren Studien (Manske et al., 2002; Capion et al., 2008). Dies kann damit zusammenhängen, dass die Veränderungen bei den Schlachttieren der vorliegenden Untersuchung tatsächlich weniger oft vorhanden waren oder dass die Verfärbungen sich postmortal schlechter abzeichneten.

Die Anzahl von Klauenerkrankungen pro Tier schwankte beträchtlich. Bei der Hälfte (54 %) der Kühe mit Klauenveränderungen wurden allerdings nur eine oder zwei Veränderungen

festgestellt. Dass immerhin 31.6 % der Tiere drei oder vier Veränderungen und 3.5 % fünf bis sechs Veränderungen gleichzeitig aufwiesen, lässt darauf schliessen, dass Klauenveränderungen oft nicht richtig abgeklärt bzw. behandelt wurden und dass die Haltungsbedingungen die Entstehung mehrerer Läsionen begünstigten.

## 7.2. Messungen an den Röntgenaufnahmen

Das Alter konnte nur von 69, das Schlachtgewicht und die Rasse von 70 der 100 Kühe, deren Einzelfüsse geröntgt und ausgemessen wurden, in Erfahrung gebracht werden. Die Kühe der Kontrollgruppe waren durchschnittlich 5.0 Jahre, die der Gruppen mit Sohlengeschwüren 7.1 Jahre alt. Im Mittelwert waren die Tiere der Kontrollgruppe signifikant jünger als die Tiere der Gruppen mit Sohlengeschwüren ( $p < 0.01$ ). Dies ist darauf zurückzuführen, dass nur wenige Präparate mit Sohlengeschwüren von jüngeren Kühen gefunden werden konnten. Die Feststellungen aus der Literatur, dass ältere Kühe im Gegensatz zu jüngeren vermehrt Sohlengeschwüre aufweisen (Barker et al., 2009), werden durch die vorliegende Arbeit bestätigt. Bei älteren Kühen traten auch anderen Untersuchungen zufolge vermehrt Klauenerkrankungen auf (Landerer, 1999; Bielfeldt et al., 2005; Fjeldaas et al., 2007). Die Tatsache, dass Sohlengeschwüre erst bei überdurchschnittlich alten Schlachtkühen vorhanden waren, lässt darauf schliessen, dass bei jungen Tieren andere Ursachen zum Entscheid für eine Schlachtung den Ausschlag gaben, wohingegen Sohlengeschwüre bei älteren Tieren vermutlich von Bedeutung für diesen Entscheid waren.

Es stellt sich die Frage, ob die Kühe der Kontrollgruppe im Alter der Kühe der Gruppe mit Sohlengeschwüren immer noch gesunde Klauen aufgewiesen hätten, oder ob sie ebenfalls Klauenerkrankungen entwickelt hätten. Da keine Vorgeschichte zu den Tieren erhoben werden konnte, ist auch nicht klar, ob die in der Studie eingeschlossenen Tiere bereits einmal an einem Sohlengeschwür oder einer die Entstehung von Sohlengeschwüren prädisponierenden anderen Klauenerkrankung gelitten hatten. Die Bezeichnung der Klauen als gesund kann also nur zum Zeitpunkt der Schlachtung als geltend angesehen werden. Immerhin waren auf den Röntgenaufnahmen keine Befunde, die eine Erkrankung angezeigt hätten, sichtbar.

Die Ergebnisse von Muggli et al. (2011) konnten durch die vorliegende Arbeit bestätigt werden: Die Aussenzehen waren im Mittelwert signifikant länger als die Innenzehen. Die lateralen Röhrbeinkondylen, Fessel- und Kronbeine waren im Vergleich zu den medialen in den Messungen von Muggli et al. (2011) ebenso signifikant länger wie in der vorliegenden Arbeit. Als Vergleichswerte mit den Resultaten der vorliegenden Untersuchung wurden die Ergebnisse der Messungen der 10 Altkühe ( $> 30$  Monate alt) herangezogen (Tab. 14). Die absoluten Knochenlängen von Röhrbeinkondylus, Fessel- und Kronbein waren in den Messungen von Muggli et al. (2011) weniger gross als in der vorliegenden Arbeit. Der diesbezügliche Unterschied dürfte auf das durchschnittlich höhere Alter der Kühe der vorliegenden Untersuchung zurückzuführen sein.

Bezogen auf die Gesamtlänge 1 waren in der vorliegenden Untersuchung 98 %, bezüglich Gesamtlänge 2 insgesamt 70 % und bezüglich Gesamtlänge 3 insgesamt 77 % der lateralen Zehen länger. In der Untersuchung von Muggli et al. (2011) war die Gesamtlänge 1 der lateralen Zehe in 95 % der Fälle länger, die Gesamtlänge 2 in 85 % der Fälle und die Gesamtlänge 3 in 90 % der Fälle. Die Asymmetrie der Zehenlängen beim Rind scheint daher gesichert zu sein. Bemerkenswert ist allerdings, dass 17 von 75 Tieren der Untersuchungsgruppen eine längere mediale Zehe aufwiesen (bezogen auf die Gesamtlänge 2) und trotzdem bei allen das Sohlengeschwür an der Aussenklaue lokalisiert war (Tab. 15).

**Tab. 14.** Vergleich der Mittelwerte der Gesamtlängen 1 - 3 der lateralen und medialen Zehen der eigenen Untersuchung mit denjenigen von Muggli et al. (2011) (Angaben in cm).

		Eigene Ergebnisse	Muggli et al. (2011)	
			hinten links	hinten rechts
Gesamtlänge 1	lateral	14.51	14.17	14.16
	medial	14.23	13.91	13.93
Gesamtlänge 2	lateral	19.84	19.13	19.19
	medial	19.68	19.00	18.93
Gesamtlänge 3	lateral	19.67	18.94	18.97
	medial	19.44	18.75	18.66

Schwierigkeiten bei der Ausmessung der Röntgenbilder ergaben sich wie bei Schwarzmann et al. (2007) sowie Muggli et al. (2011) bei der Festlegung des am weitesten distal liegenden Punktes des Klauenbeines. Insbesondere bei älteren Tieren waren die Gefässkanäle an der Klauenbeinspitze sehr prominent, wodurch die Knochenstruktur schlecht sichtbar war und ihre Konturen ausgefranst erschienen. Die Klauenbeinlängen können daher nur mit Vorbehalt als exakt angesehen werden, wobei der dadurch entstandene Fehler im Bereich von einem Bruchteil eines Millimeters liegen dürfte. Da die Gesamtlängen 1 und 3 auf der Klauenbeinlänge beruhten, wurden auch die Resultate dieser Längen dadurch beeinflusst. Da es sich um kleine Abweichungen handelte, dürften die Gesamtergebnisse durch diesen Fehler nicht wesentlich beeinflusst worden sein.

Der am meisten ins Auge fallende Unterschied zu Muggli et al. (2011) betraf die Länge des Klauenbeins. Im Gegensatz zu den Ergebnissen von Muggli et al. (2011), die nur an der linken Hintergliedmasse einen Längenunterschied mit einem längeren medialen Klauenbein

feststellen konnten, wiesen die medialen Klauenbeine in der vorliegenden Untersuchung stets eine grössere Länge auf als die lateralen. Dieser Längenunterschied war allerdings nur in der Kontrollgruppe und der Gruppe der Sohlengeschwüre 3. Grades signifikant. Die Bedeutung dieses Befundes könnte darin bestehen, dass die Kühe der Kontrollgruppe deswegen keine Sohlengeschwüre aufwiesen, weil der Längenunterschied durch das signifikant längere mediale Klauenbein etwas ausgeglichen wurde, während die Tiere der Untersuchungsgruppe eher gleich lange Klauenbeine aufwiesen, so dass der bis zum Klauengelenk bestehende signifikante Längenunterschied nicht ausgeglichen werden konnte. Dass bei den Sohlengeschwüren 3. Grades das mediale Klauenbein signifikant länger war als das laterale, kann damit erklärt werden, dass sich die Länge des lateralen Klauenbeins wegen eines chronischen Knochenabbaus im Bereich der Klauenspitze verkürzt hatte.

Bei Kälbern waren die Dorsallänge und die Sohlenlänge an den medialen Klauenbeinen signifikant grösser als an den lateralen (Schwarzmann et al., 2007). Die Resultate dieser Autoren dürften einerseits auf das geringe Alter der untersuchten Tiere, auf unterschiedliche Messmethoden, aber auch darauf zurückzuführen sein, dass das Klauenbein mit steigendem Alter sowie durch chronische Erkrankungen seine Form verändert (Ranft, 1936; Simon, 1963). Die Messungen könnten in der vorliegenden Untersuchung auch dadurch beeinflusst worden sein, dass die oft hypertrophierte Aussenklaue eine korrekte Lagerung der Füsse auf der Röntgenkassette erschwerte. Die Lagerung wurde zwar anhand der Gleichbeine beurteilt, aber dennoch kann eine leichte Drehung der Klauen nicht ausgeschlossen werden; diese Drehung könnte in manchen Fällen einen Einfluss auf die Längenmessung des Klauenbeins gehabt haben.

Die Hypothese, dass Kühe mit Sohlengeschwüren einen besonders ausgeprägten Längenunterschied zwischen lateraler und medialer Zehe aufweisen, konnte durch die vorliegende Untersuchung nicht bestätigt werden. Nur beim Vergleich der Gesamtlänge 2 der Kontrollgruppe mit der Gruppe der Sohlengeschwüre 1. Grades ergab sich ein statistisch signifikanter Unterschied in der Zehenlänge. Tendenziell war zwar der Längenunterschied bei den Untersuchungsgruppen grösser als bei der Kontrollgruppe, aber eine Signifikanz wurde nicht erreicht. Durch eine Vergrösserung der Untersuchungsgruppen hätte sich vermutlich eine Signifikanz häufiger erreichen lassen.

**Tab. 15.** Verteilung der Sohlengeschwüre hinsichtlich der Zehenlänge.

	Sohlengeschwür lateral	Sohlengeschwür medial	Sohlengeschwüre gesamt
Laterale Zehe länger (n = 56)	55	1	<b>56</b>
Mediale Zehe länger (n = 17)	17	0	<b>17</b>
Mediale = laterale Zehe (n = 2)	2	0	<b>2</b>
<b>Gesamt</b>	<b>74</b>	<b>1</b>	<b>75</b>

Einer der wichtigsten Befunde der vorliegenden Untersuchung, der die Hypothese des Längenunterschieds als *den* ursächlichen Faktor der Entstehung von Sohlengeschwüren insgesamt in Frage stellt, besteht darin, dass auch zwei Füße der Untersuchungsgruppen gleich lange Zehen und 17 eine längere mediale Zehe aufwiesen (Tab. 15). Dies bedeutet, dass die Aussenklauen erkrankt waren, obwohl die Innenzehen länger waren. Bei dieser Längenasymmetrie hätten eigentlich die Innenklauen nach der Hypothese der Überlastung der längeren Zehe erkranken müssen. Daraus muss man folgern, dass andere Belastungsvorgänge bei diesen Kühen dazu führten, dass trotz einer längeren Innenzehe die Aussenklauen mehr belastet wurden.

Daher muss davon ausgegangen werden, dass nicht alleine der Längenunterschied ausschlaggebend für die Entwicklung von Sohlengeschwüren ist, sondern weitere wichtige Faktoren hinzukommen müssen.

## 8. Literaturverzeichnis

Alsleben, B., Russke, A., Werde, J., Hamann, H., Distl, O., 2003. Messung der Druckverteilung unter den Klauen bei Rindern der Rasse Deutsche Holsteins in den ersten zwei Lebensjahren. *Der Praktische Tierarzt* 84, 232-240.

Andersson, L., Lundström, K., 1981. The influence of breed, age, body weight and season on digital diseases and hoof size in dairy cows. *Zentralblatt Veterinärmedizin* 28, 141-151.

Barker, Z.E., Amory, J.R., Wright, J.L., Mason, S.A., Blowey, R.W., Green, L.E., 2009. Risk factors for increased rates of sole ulcers, white line disease, and digital dermatitis in dairy cattle from twenty-seven farms in England and Wales. *Journal of Dairy Science* 92, 1971-1978.

Bartosiewicz, L., Van Neer, W., Lentacker, A., 1997. Draught cattle: Their osteological identification and history. *Annales sciences zoologiques* 281, 1-143.

Benz, B., Wandel, H., Jungbluth, T., 2002. Yielding walking areas in loose house systems. In: 12th International Symposium on Lameness in Ruminants, Orlando, Florida, USA, pp. 280-282.

Bicalho, R.C., Machado, V.S., Caixeta, L.S., 2009. Lameness in dairy cattle: A debilitating disease or a disease of debilitated cattle? A cross-sectional study of lameness prevalence and thickness of the digital cushion. *Journal of Dairy Science* 92, 3175-3184.

Bicalho, R.C., Vokey, F., Erb, H.N., Guard, C.L., 2007. Visual locomotion scoring in the first seventy days in milk: impact on pregnancy and survival. *Journal of Dairy Science* 90, 4586-4591.

Bicalho, R.C., Warnick, L.D., Guard, C.L., 2008. Strategies to analyze milk losses caused by diseases with potential incidence throughout the lactation: a lameness example. *Journal of Dairy Science* 91, 2653-2661.

Bielfeldt, J.C., Badertscher, R., Tölle, K.H., Krieter, J., 2005. Risk factors influencing lameness and claw disorders in dairy cows. *Livestock Production Science* 95, 265-271.

Booth, C.J., Warnick, L.D., Grohn, Y.T., Maizon, D.O., Guard, C.L., Janssen, D., 2004. Effect of lameness on culling in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 87, 4115-4122.

Brown, C.C., Kilgo, P.D., Jacobsen, K.L., 2000. Prevalence of papillomatous digital dermatitis among culled adult cattle in the southeastern United States. *American Journal of Veterinary Research* 61, 928-930.

Capion, N., Thamsborg, S.M., Enevoldsen, C., 2008. Prevalence of foot lesions in Danish Holstein cows. *The Veterinary Record* 163, 80-85.

- Chapinal, N., de Passillé, A.M., Weary, D.M., von Keyserlingk, M.A.G., Rushen, J., 2009. Using gait score, walking speed, and lying behavior to detect hoof lesions in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 92, 4365-4374.
- Cramer, G., Lissemore, K.D., Guard, C.L., Leslie, K.E., Kelton, D.F., 2008. Herd- and cow-level prevalence of foot lesions in Ontario dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 91, 3888-3895.
- Cramer, G., Lissemore, K.D., Guard, C.L., Leslie, K.E., Kelton, D.F., 2009. The association between foot lesions and culling risk in Ontario Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 92, 2572-2579.
- De Vries, A., Olson, J.D., Pinedo, P.J., 2010. Reproductive risk factors for culling and productive life in large dairy herds in the eastern United States between 2001 and 2006. *Journal of Dairy Science* 93, 613-623.
- Enevoldsen, C., Grohn, Y.T., Thysen, I., 1991a. Heel erosion and other interdigital disorders in dairy cows: associations with season, cow characteristics, disease, and production. *Journal of Dairy Science* 74, 1299-1309.
- Enevoldsen, C., Grohn, Y.T., Thysen, I., 1991b. Sole ulcers in dairy cattle: associations with season, cow characteristics, disease, and production. *Journal of Dairy Science* 74, 1284-1298.
- Fjeldaas, T., Nafstad, O., Fredriksen, B., Ringdal, G., Sogstad, A.M., 2007. Claw and limb disorders in 12 Norwegian beef-cow herds. *Acta Veterinaria Scandinavica* 49, 24.
- Flower, F.C., Sanderson, D.J., Weary, D.M., 2005. Hoof pathologies influence kinematic measures of dairy cow gait. *Journal of Dairy Science* 88, 3166-3173.
- Holzhauer, M., Bartels, C.J.M., van den Borne, B.H.P., van Schaik, G., 2006. Intra-class correlation attributable to claw trimmers scoring common hind-claw disorders in Dutch dairy herds. *Preventive Veterinary Medicine* 75, 47-55.
- Holzhauer, M., Dopfer, D., de Boer, J., van Schaik, G., 2008. Effects of different intervention strategies on the incidence of papillomatous digital dermatitis in dairy cows. *The Veterinary Record* 162, 41-46.
- Hultgren, J., Manske, T., Bergsten, C., 2004. Associations of sole ulcer at claw trimming with reproductive performance, udder health, milk yield, and culling in Swedish dairy cattle. *Preventive Veterinary Medicine* 62, 233-251.
- Kehler, W., Gerwing, T., 2004. Effects of functional claw trimming on pressure distribution under hind claws of german holstein cows. In: *Proceedings of the 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants*, Maribor, Slovenija, pp. 103-104.



- Keller, A., Clauss, M., Muggli, E., Nuss, K., 2009. Even-toed but uneven in length: the digits of artiodactyls. *Zoology* 112, 270-278.
- Knott, L., Tarlton, J.F., Craft, H., Webster, A.J., 2007. Effects of housing, parturition and diet change on the biochemistry and biomechanics of the support structures of the hoof of dairy heifers. *The Veterinary Journal* 174, 277-287.
- Kujala, M., Dohoo, I.R., Laakso, M., Schnier, C., Soveri, T., 2009. Sole ulcers in Finnish dairy cattle. *Preventive Veterinary Medicine* 89, 227-236.
- Landerer, R., 1999. Der Klauenzustand von Schweizer Braunvieh während einer Alpung. Inauguraldissertation. Universität Zürich.
- Leach, K.A., Logue, D.N., Kempson, S.A., Offer, J.E., Ternent, H.E., Randall, J.M., 1997. Claw lesions in dairy cattle: development of sole and white line haemorrhages during the first lactation. *The Veterinary Journal* 154, 215-225.
- Lischer, C. (Ed.), 2000. Handbuch zur Pflege und Behandlung der Klauen beim Rind. Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale, Zollikofen.
- Lischer, C., Dietrich-Hunkeler, A., Geyer, H., Schulze, J., Ossent, P., 2001. Heilungsverlauf von unkomplizierten Sohlengeschwüren bei Milchkühen in Anbindehaltung: Klinische Beschreibung und blutchemische Untersuchungen. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde* 143, 125-133.
- Lischer, C., Ossent, P., Räber, M., Geyer, H., 2002. Suspensory structures and supporting tissues of the third phalanx of cows and their relevance to the development of typical sole ulcers (Rusterholz ulcers). *The Veterinary Record* 151, 694-698.
- Luginbühl, A., Kollbrunner, M., 2000. Vermehrtes Auftreten der Dermatitis digitalis des Rindes (Erdbeerfuss) in der Schweiz. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde* 142, 513-519.
- Manske, T., Hultgren, J., Bergsten, C., 2002. Prevalence and interrelationships of hoof lesions and lameness in Swedish dairy cows. *Preventive Veterinary Medicine* 54, 247-263.
- Martig, J., Leuenberger, W., Dozzi, M., 1979. Häufigkeit und Art von Klauenläsionen in Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde* 121, 577-591.
- Meyer, S.W., Weishaupt, M.A., Nuss, K.A., 2007. Gait pattern of heifers before and after claw trimming: a high-speed cinematographic study on a treadmill. *Journal of Dairy Science* 90, 670-676.
- Muggli, E., Sauter-Louis, C., Braun, U., Nuss, K., 2011. Length asymmetry of the bovine digits. *The Veterinary Journal* 188, 295-300.

- Murray, R., Downham, D., Clarkson, M., Faull, W., Hughes, J., Manson, F., Meritt, J., Russel, W., Sutherst, J., Ward, W., 1996. Epidemiology of lameness in dairy cattle: description and analysis of foot lesions. *The Veterinary Record* 138, 586 - 591.
- Nacambo, S., Hassig, M., Lischer, C., Nuss, K., 2007. Difference in the length of the medial and lateral metacarpal and metatarsal condyles in calves and cows--a post-mortem study. *Anatomia Histologia Embryologia* 36, 408-412.
- Nickel, R., Schummer, A., Wille, K.-H., Wilkens, H., 2004. Passiver Bewegungsapparat, Skelettsystem. In: Frewein, J., Wille, K.-H., Wilkens, H. (Eds.), *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere*, Vol. 1. Parey Verlag, Stuttgart, pp. 15-272.
- Nuss, K., Paulus, N., 2006. Measurements of claw dimensions in cows before and after functional trimming: a post mortem study. *The Veterinary Journal* 172, 284-292.
- Nuss, K., Steiner, A., 2004. Spezielle Diagnostik und Therapie. In: Fiedler, A., Maierl, J., Nuss, K. (Eds.), *Erkrankungen der Klauen und Zehen des Rindes*. Schattauer, Stuttgart, pp. 77-125.
- Ossent, P., Lischer, C., 1998. Bovine laminitis: the lesions and their pathogenesis. In *Practice*, 415-427.
- Ossent, P., Peterse, D.J., Schamhardt, H.C., 1987. Distribution of load between the lateral and medial hoof of the bovine hind limb. *Zentralblatt Veterinärmedizin* 34, 296-300.
- Paral, V., Tichy, F., Fabis, M., 2004. Functional Structure of metapodial bones of cattle. *Acta Veterinaria Brno* 73, 413-420.
- Petersen, G., 1921. Untersuchungen über das Fußskelett des Rindes. *Morphologisches Jahrbuch* 51, 291-337.
- Philipot, J.M., Pluvinage, P., Luquet, F., 1994. Clinical characterization of a syndrome by ecopathology methods: an example of dairy cow lameness. *Veterinary Research* 25, 239-243.
- Platz, S., Ahrens, F., Bendel, J., Meyer, H.H., Erhard, M.H., 2008. What happens with cow behavior when replacing concrete slatted floor by rubber coating: a case study. *Journal of Dairy Science* 91, 999-1004.
- Prentice, D.E., Neal, P.A., 1972. Some observations on the incidence of lameness in dairy cattle in West Cheshire. *The Veterinary Record* 91, 1-7.
- Räber, M., Lischer, C., Geyer, H., Ossent, P., 2004. The bovine digital cushion--a descriptive anatomical study. *The Veterinary Journal* 167, 258-264.

- Ranft, W.H., 1936. Die feineren anatomischen Merkmale der Zehenknochen, speziell der Klauenbeine, des Rindes. *Morphologisches Jahrbuch* 78, 377-420.
- Russell, A.M., Rowlands, G.J., Shaw, S.R., Weaver, A.D., 1982. Survey of lameness in British dairy cattle. *The Veterinary Record* 111, 155-160.
- Rusterholz, A., 1920. Das spezifisch-traumatische Klauensohlengeschwür des Rindes. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde* 62, 421-466, 505-425.
- Schmid, T., Weishaupt, M.A., Meyer, S.W., Waldern, N., Peinen, K., Nuss, K., 2009. High-speed cinematographic evaluation of claw-ground contact pattern of lactating cows. *The Veterinary Journal* 181, 151-157.
- Schwarzmann, B., Köstlin, R., Nuss, K., 2007. Größenunterschiede zwischen den lateralen und medialen Zehenknochen und Klauen von Kälbern. *Tierärztliche Praxis* 35 (G), 341-349.
- Simon, G., 1963. Untersuchungen über altersbedingte Veränderungen der Klauenbeine des Rindes. Inauguraldissertation. Universität Zürich.
- Smedegaard, H.H., 1985. Pododermatitis circumscripta (Rusterholz'sches Sohlengeschwür): Ätiologie und prädisponierende Faktoren. *Wiener Tierärztliche Monatsschrift* 72, 39-43.
- Sogstad, A., Fjeldaas, T., Osteras, O., Forshell, K., 2005. Prevalence of claw lesions in Norwegian dairy cattle housed in tie stalls and free stalls. *Preventive Veterinary Medicine* 70, 191 - 209.
- Somers, J.G., Frankena, K., Noordhuizen-Stassen, E.N., Metz, J.H., 2005. Risk factors for digital dermatitis in dairy cows kept in cubicle houses in The Netherlands. *Preventive Veterinary Medicine* 71, 11-21.
- Sprecher, D.J., Hostetler, D.E., Kaneene, J.B., 1997. A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. *Theriogenology* 47, 1179-1187.
- Stevenson, M.A., Lean, I.J., 1998. Risk factors for culling and deaths in eight dairy herds. *Australian Veterinary Journal* 76, 489-494.
- Tadich, N., Flor, E., Green, L., 2010. Associations between hoof lesions and locomotion score in 1098 unsound dairy cows. *The Veterinary Journal* 184, 60-65.
- Tarleton, J.F., Holah, D.E., Evans, K.M., Jones, S., Pearson, G.R., Webster, A.J., 2002. Biomechanical and histopathological changes in the support structures of bovine hooves around the time of first calving. *The Veterinary Journal* 163, 196-204.
- Telezhenko, E., Lidfors, L., Bergsten, C., 2007. Dairy cow preferences for soft or hard flooring when standing or walking. *Journal of Dairy Science* 90, 3716-3724.

- Thomsen, P.T., Kjeldsen, A.M., Sørensen, J.T., Houe, H., 2004. Mortality (including euthanasia) among Danish dairy cows (1990-2001). *Preventive Veterinary Medicine* 62, 19-33.
- Toussaint Raven, E., 1985. The principles of claw trimming. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 1, 93-107.
- Toussaint Raven, E., 1989. *Cattle footcare and claw trimming*. Farming Press, Ipswich, UK.
- Tranter, W.P., Morris, R.S., 1991. A case study of lameness in three dairy herds. *New Zealand Veterinary Journal* 39, 88-96.
- Van Amstel, S.R., Shearer, J.K., Palin, F.L., 2004. Moisture content, thickness, and lesions of sole horn associated with thin soles in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 87, 757-763.
- Van der Tol, P.P., S.S. van der Beek, J.H. Metz, E.N. Noordhuizen-Stassen, W. Back, C.R. Braam, Weijs, W.A., 2004. The effect of preventive trimming on weight bearing and force balance on the claws of dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 87, 1732-1738.
- Vermunt, J.J., 2007. One step closer to unravelling the pathophysiology of claw horn disruption: for the sake of the cows' welfare. *The Veterinary Journal* 174, 219-220.
- Waldner, C.L., Kennedy, R.I., Rosengren, L., Clark, E.G., 2009. A field study of culling and mortality in beef cows from western Canada. *Canadian Veterinary Journal* 50, 491-499.
- Whay, H.R., Waterman, A.E., Webster, A.J., 1997. Associations between locomotion, claw lesions and nociceptive threshold in dairy heifers during the peri-partum period. *The Veterinary Journal* 154, 155-161.

## 9. Lebenslauf

Name	Franziska Rügsegger
Geburtsdatum	25. Februar 1978
Geburtsort	Winterthur
Nationalität	Schweiz
Heimatort	Röthenbach BE
1985-1991	Primarschule Marthalen (ZH), Schweiz
1991-1998	Kantonsschule Rychenberg Winterthur (ZH), Schweiz
21.1.1998	Matura Typus A, Kantonsschule Rychenberg Winterthur (ZH), Schweiz
1998-2004	Studium der Rechtswissenschaften, Rechtswissenschaftliche Fakultät, Universität Zürich, Schweiz
30. Juni 2004	Abschluss lic. iur, Rechtswissenschaftliche Fakultät, Universität Zürich, Schweiz
2004-2009	Studium der Veterinärmedizin, Vetsuisse-Fakultät, Universität Zürich, Schweiz
15. Okt. 2009	Abschluss vet. med., Vetsuisse-Fakultät, Universität Zürich, Schweiz
2009-2011	Assistentin und Doktorandin am Departement für Nutztiere, Vetsuisse-Fakultät, Universität Zürich, Schweiz

## 10. Danksagungen

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen herzlich bedanken, die zur Entstehung dieser Arbeit beigetragen haben:

Herrn Prof. Dr. Karl Nuss für die Überlassung des Themas sowie für seine Ratschläge und die Hilfsbereitschaft bis zur Fertigstellung dieser Arbeit.

Herrn Prof. Dr. U. Braun für die Möglichkeit, die Messungen am Departement für Nutztiere der Universität Zürich durchzuführen und diese Arbeit zu schreiben.

Herrn Prof. Dr. H. Augsburger für die Übernahme des Korreferates.

Herrn med. vet. Clemens Bauer, Leiter Abteilung Veterinärdienste, Umwelt- und Gesundheitsschutz Stadt Zürich, sowie den Mitarbeitern des Schlachthofs Zürich für die Mithilfe bei der Besorgung der Zehen.

Herrn Bruno Gerzner und Frau cand. med. vet. Helena Buchli für die Unterstützung bei der Besorgung und Präparation der Zehen.

Frau Dr. Evelyne Muggli, Frau Dr. Fabienne Weber, Frau Dr. Sarah Weber, Frau Dr. Franziska Sonderegger und Herrn Ruedi Korrodi für die Hilfeleistung bei der Erstellung der Arbeit.

Den Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen der Abteilung für Bildgebende Diagnostik für die Ratschläge beim Anfertigen und Entwickeln der Röntgenbilder.